



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Tomo I:
MEMORIA

Estudio y modelización del edificio ***Biblioteca del Campus Terrassa*** **mediante: métodos simplificados y** **datos monitorizados**

Trabajo Final de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GRET)

Autor:

Santiago Gassó Vilella

Directores del TFG:

Marcel Macarulla Martí y
Miquel Casals Casanova

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Tabla de contenidos

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT	2
1 OBJETO	2
2 ALCANCE DEL TRABAJO	3
3 JUSTIFICACIÓN.....	3
3.1 ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES.....	3
3.1.1 REGULARIZACIÓN LEGAL Y NORMATIVA	3
3.1.1.1 UNIÓN EUROPEA	4
3.1.1.2 ESPAÑA: TRANSPOSICIÓN DE LA EPBD 2002/91/CE	5
3.1.2 EL CERTIFICADO ENERGÉTICO.....	6
3.1.2.1 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CE ³ X	8
3.1.2.2 LA ETIQUETA ENERGÉTICA	8
3.2 COROLARIO	10
4 ESPECIFICACIONES BÁSICAS	10
5 FUNDAMENTOS Y METODOLOGIA EMPLEADA	11
5.1 CERTIFICACIONES MEDIANTE MÉTODOS SIMPLIFICADOS (CE ³ X).....	11
5.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS	12
5.1.2 INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	12
5.1.2.1 DATOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES.....	13
5.1.2.1.1 Datos administrativos	13
5.1.2.1.2 Datos generales	14
5.1.2.2 ENVOLVENTE TÉRMICA	16
5.1.2.2.1 Cubiertas y suelos.....	17
5.1.2.2.2 Muros	18
5.1.2.2.3 Huecos y lucernarios	18
5.1.2.2.4 Puentes térmicos.....	18

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

5.1.2.2.5	Particiones interiores	18
5.1.2.3	INSTALACIONES	19
5.1.2.3.1	Equipo de calefacción y refrigeración	19
5.1.2.3.2	Equipos de iluminación.....	20
5.1.2.3.3	Equipos de aire primario.....	20
5.1.2.3.4	Equipos de ventilación.....	21
5.1.2.3.5	Equipos de bombeo	22
5.1.3	CALIFICACIÓN OBTENIDA	22
5.2	CERTIFICACIÓN A PARTIR DE DATOS MONITORIZADOS	22
6	CERTIFICACIÓN BÁSICA.....	25
6.1	METODOLOGÍA EMPLEADA	25
6.2	ENVOLVENTE TÉRMICA	25
6.2.1	CUBIERTAS Y SUELOS	25
6.2.1.1	MUROS DE FACHADA	25
6.2.1.2	HUECOS Y LUCERNARIOS	26
6.2.1.3	PARTICIONES INTERIORES.....	26
6.2.1.4	PUENTES TÉRMICOS.....	27
6.2.2	INSTALACIONES.....	27
6.2.2.1	EQUIPO DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN.....	27
6.2.2.2	EQUIPOS DE ILUMINACIÓN.....	28
6.2.2.3	EQUIPOS DE AIRE PRIMARIO	28
6.2.2.4	EQUIPOS DE VENTILACIÓN.....	28
6.2.2.5	EQUIPOS DE BOMBEO.....	29
6.3	CALIFICACIÓN OBTENIDA.....	29
7	CERTIFICACIÓN EXHAUSTIVA	29
7.1	METODOLOGÍA EMPLEADA	29
7.2	ENVOLVENTE TÉRMICA	30
7.2.1	MATERIALES.....	30
7.2.2	CUBIERTAS Y SUELOS	31
7.2.2.1	MUROS DE FACHADA	31
7.2.2.2	HUECOS Y LUCERNARIOS	32

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

7.2.2.3	PARTICIONES INTERIORES.....	32
7.2.2.4	Puentes Térmicos.....	33
7.2.3	INSTALACIONES.....	33
7.3	CALIFICACIÓN OBTENIDA.....	33
8	CERTIFICACIÓN MONITORIZADA.....	34
8.1	INTERPRETACIÓN Y TRATADO DE DATOS	34
8.2	DESGLOSE DE OPORTACIONES.....	36
8.2.1	ELECTRICIDAD	36
8.2.2	CLIMA	38
8.3	APORTACIONES EN VALORES DE ENERGIA PRIMARIA	43
8.4	CALIFICACIÓN OBTENIDA.....	44
9	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	44
9.1	COMPARACIÓN DE LAS CALIFICACIONES OBTENIDAS.....	44
9.2	SEGÚN LA COMPARACIÓN DE LAS HIPÓTESIS.....	46
9.3	COMPARACIÓN ECONÓMICA Y TEMPORAL	47
10	PROPUESTAS PARA TRABAJOS FUTUROS	47
10.1	SOFTWARE PARA LA CERTIFICACIÓN MEDIANTE DATOS MONITORIZADOS (DISEÑO, DESARROLLO Y OFICIALIZACIÓN)	47
10.1.1	INTRODUCCIÓN.....	47
10.1.2	ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO (EDT) ..	48
10.1.3	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS.....	49
10.1.4	TABLA DE PRECEDENCIAS	50
10.1.5	DURACIÓN DE LAS TAREAS.....	51
10.1.6	DIAGRAMA DE GANTT	51
10.1.7	COSTES DE MANO DE OBRA	53
11	ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL	54
12	PRESUPUESTO	54
13	CONCLUSIONES	54
14	BIBLIOGRAFIA	56

Índice de figuras

Figura 1 Transposición de la normativa europea a la española. <i>Fuente [7]</i>	6
Figura 2 Procedimientos de Certificación Energética de Edificios. Fuente [16]	7
Figura 3 Modelo etiqueta de calificación energética de edificios. <i>Fuente [17]</i>	9
Figura 4 Proceso seguido para obtener las certificaciones con métodos simplificados.	11
Figura 5 Ventana de inicialización del CE ³ X	13
Figura 6 Pestaña de introducción de datos administrativos en CE ³ X	14
Figura 7 Pestaña de introducción de Datos Generales en CE ³ X.....	15
Figura 8 Envolvente térmica de un edificio y los elementos que la componen. <i>Fuente [13]</i>	17
Figura 9 Entorno de control de los equipos de calefacción y refrigeración. <i>Fuente [21]</i>	20
Figura 10 Panel de control del equipo de aire primario. <i>Fuente [21]</i>	21
Figura 11 Proceso seguido para la obtención de la certificación monitorizada...	23
Figura 12 Calificación Básica proporcionada por el CE ³ X.....	29
Figura 13 Calificación Exhaustiva proporcionada por el CE ³ X	33

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Índice de tablas

Tabla 1 Calificación en edificios de otros usos. <i>Fuente [12]</i>	9
Tabla 2 Propiedades de la cubierta.....	25
Tabla 3 Características de los muros de fachada. Certificación Básica.	25
Tabla 4 Características relevantes de los huecos de las fachadas.	26
Tabla 5 Características de las particiones interiores. Certificación Básica	27
Tabla 6 Tabla con las características de los puentes térmicos.....	27
Tabla 7 Características equipos de calefacción y refrigeración.....	27
Tabla 8 Características del equipo de iluminación	28
Tabla 9 Datos del equipo de aire primario.....	28
Tabla 10 Datos de los equipos de ventilación	28
Tabla 11 Datos de los equipos de bombeo	29
Tabla 12 Propiedades de la cubierta.....	31
Tabla 13 Características de los muros de fachada. Certificación Básica.	32
Tabla 14 Características de las particiones interiores. Certificación Exhaustiva	33
Tabla 15 Comparativa entre Valor Promedio de Iluminación vs Valor Real.....	36
Tabla 16 Aportación mensual de los equipos de iluminación (datos Sirena).....	38
Tabla 17 Aportación de los equipos de iluminación (previa al consumo). Monitorizada	38
Tabla 18 Aportaciones mensuales de calefacción y refrigeración	39
Tabla 19 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. 2012	40
Tabla 20 Aportaciones de Calefacción y Refrigeración previas al consumo. Monitorizada	42
Tabla 21 COP de los equipos de calefacción y refrigeración	43
Tabla 22 Aportaciones de energía secundaria Calefacción/Refrigeración. Monitorizada	43
Tabla 23 Aportaciones de energía secundaria. Monitorizada.....	43
Tabla 24 Aportaciones de energía primaria. Monitorizada	44
Tabla 25 Rangos de calificación energética.....	44
Tabla 26 Calificaciones obtenidas en cada uno de los certificados	45
Tabla 27 Comparativa de hipótesis y riesgos asociados para cada certificación	46
Tabla 28 Desglose del tiempo de realización de las certificaciones	47
Tabla 29 Comparativa de las certificaciones según costes.	47
Tabla 30 Descripción de las tareas del trabajo futuro	50
Tabla 31 Relación de precedencia entre las tareas del trabajo futuro	50
Tabla 32 Duración de las tareas del trabajo futuro.....	51
Tabla 33 Costes asociados a cada tarea del trabajo futuro propuesto	53

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Índice de gráficos

Gráfico 1 Hipótesis de aportaciones constantes de los equipos de iluminación.	24
Gráfico 2 Dispersión del consumo de energía frente a la temperatura exterior.	34
Gráfico 3 Marcas de distorsión sobre el <i>Gráfico 1</i>	35
Gráfico 4 Dispersión obtenida después de aplicar hipótesis de distorsión	35
Gráfico 5 Diferencia entre la suma o el promedio de las aportaciones de los equipos de iluminación.	37
Gráfico 6 Consumo mensual de calefacción y refrigeración.....	39
Gráfico 7 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. 2013	40
Gráfico 8 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. Año 2014.....	41
Gráfico 9 Consumo total anual de calefacción y refrigeración.....	41
Gráfico 10 Diagrama de Gantt del trabajo futuro propuesto	52

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

AGRADECIMIENTOS

A Gemma Santularia y Josep Oller, del *Servicio de Obras y Mantenimiento del campus Terrassa*. Por la información facilitada y por la disponibilidad ofrecida en todo momento.

A Miquel Casals Casanova y a Marcel Macarulla Martí, los directores de este trabajo. Por ofrecerme siempre su ayuda, hacerme pensar en posibles soluciones para después guiarme en la obtención de las mismas. Por su dedicación y aportación de conocimiento y experiencia.

A Santiago Gassó Domingo, mi padre. Porque sin su apoyo diario, su confianza y su incapié en mi mejora no hubiese podido llegar hasta aquí.

A mi madre, Mari Paz Vilella Paredes, y a mi hermano, José Gassó Vilella. Por apoyarme y entenderme aún en la distancia.

A Mario Pérez Rioja, por ser compañero y amigo en este largo viaje.

A Encarna Domingo Domingo, por aguantar mis horarios cambiantes durante todo este tiempo.

Sin olvidar nunca a mi familia ni mis amigos Marc Alegre y Miquel Pou, por suponer esa vía de escape a veces tan necesaria.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el estudio de la certificación a partir de datos monitorizados como un método válido para la certificación energética de un edificio existente. Para ello, se realizarán tres certificaciones sobre un mismo edificio, dos mediante métodos simplificados utilizando el programa CE3x y una certificación basada en el consumo de energía real del edificio que está monitorizado.

Después de realizar las diferentes certificaciones se compararán los resultados obtenidos en cada una de ellas. Los principales parámetros de comparación son las horas dedicadas, el coste, la calificación y las hipótesis admitidas para cada certificación.

ABSTRACT

This paper is about the study of obtaining the energy certification of an existing building basing on monitored data. To do that, three certifications will be obtain in the same building, two by using simplified methods with the program CE3x and one based on the real consumption of the building which is monitored.

After performing the different certifications, the results obtained in each one will be compared. The main parameters of comparison are the hours spent, the cost, the grade obtained for each certification and the assumptions admitted in each methods.

1 OBJETO

El objeto de este trabajo final de grado (TFG) es contrastar el consumo real del edificio estudiado con los resultados obtenidos mediante la utilización de métodos simplificados para modelar dicho consumo. Además, se pretende comprobar también qué diferencia hay entre realizar una certificación básica y una exhaustiva en función de si el resultado obtenido respecto a las horas dedicadas varía mucho entre los dos tipos de certificación. Por último se pretende estudiar, para edificios monitorizados, un método alternativo de obtención del certificado energético.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

2 ALCANCE DEL TRABAJO

Este trabajo se desarrolla sobre el edificio Biblioteca BCT del campus Terrassa de la UPC-BarcelonaTECH.

En el proyecto se realizará un primera certificación exhaustiva del edificio, después se realizará una segunda certificación más básica del mismo edificio, más tarde se obtendrán los datos reales de consumo del edificio a partir de una base de datos. Finalmente se compararan los resultados obtenidos en cada caso.

De las certificaciones se va a obtener consumo energético por unidad de superficie así como las emisiones de dióxido de carbono por unidad de superficie.

Se modelara toda la envolvente térmica e instalaciones del edificio *Biblioteca BCT del campus Terrassa*.

El estudio NO contempla patrones de sombras en la modelización del edificio.

El estudio NO integra medidas de mejora de la eficiencia energética del edificio.

NO se ha ensayado la estanqueidad del edificio en estudio.

3 JUSTIFICACIÓN

3.1 ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES

3.1.1 REGULARIZACIÓN LEGAL Y NORMATIVA

En este capítulo se pretende exponer un compendio de normativas, decretos y directivas que ayuden a entender en qué situación se encuentran actualmente las certificaciones energéticas y por qué.

Para una mejor asimilación, se dividirán las directivas, normativas y decretos aprobados por la Unión Europea (UE) para luego exponer aquellos aprobados, con el fin de adaptarse a los anteriores, por el estado español.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

3.1.1.1 UNIÓN EUROPEA

Con el objetivo de cumplir las normas marcadas por el Protocolo de Kyoto, se dividieron de manera formal los diferentes tipos de edificios (viviendas, gran terciario y pequeño/mediano terciario) así como los diferentes tipos de instalaciones de los dichos edificios disponían (iluminación, ACS, climatización) y el combustible que utilizaban (energía eléctrica, gas natural, cogeneración) para, posteriormente, poder ver de qué manera influían en el consumo energético y en las emisiones de CO₂ respecto al total consumido y/o emitido en la unión europea. Se podía observar como la mayoría del consumo de energía y de CO₂ emitido (40% y 36% del total respectivamente) venían dados por la actividad del sector terciario o de servicios junto con los edificios destinados a la vivienda.

En este marco energético, la UE aprobó la directiva *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) 2002/91/EC con el objetivo de fomentar en los países miembros de la UE la eficiencia energética de sus edificios. Asimismo, esta directiva requería la transposición obligatoria de todos los países que formaban parte de la UE con fecha previa al 4 de enero de 2006.

Posteriormente, en el año 2010, la Comisión Europea aprobó la Directiva 2010/31/UE de eficiencia energética, que pretende establecer los requisitos a cumplir por los edificios de la UE y refunda la EPBD. Para ello engloba dichos requisitos en tres marcos fundamentales, los cuales se enumeran y resumen a continuación.

- **La inspección periódica de las instalaciones técnicas de los edificios**, pretende englobar todas y cada una de las instalaciones que compongan el edificio en caso de ser reformadas (para instalaciones previas a la EPBD) o nuevas (posteriores a la EPBD).
- **El aumento de edificios de consumo de energía casi nulo**, tiene como objetivo hacer que las edificaciones en los países miembros, ya sean existentes o de nueva construcción, tengan un consumo energético nulo o prácticamente nulo de cara al 31 de diciembre de 2020.
- **La necesidad de obtener una certificación energética de los edificios**. Con esto se fijan unos requisitos mínimos de eficiencia energética los cuales deben cumplir los edificios nuevos construidos en los Estados Miembros a partir de la entrada en vigor de la directiva 2010/31/UE. Además, esta necesidad, obliga a dichos estados a tomar medidas oportunas para mejorar la eficiencia de los edificios ya existentes y de los cuales se deba hacer alguna reforma importante. Este último punto deberá hacerse siempre velando por la viabilidad tanto técnica, como funcional y económica. Por último, este apartado establece

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

los requisitos para que los Estados Miembros de la UE implanten un sistema para la certificación energética de los edificios.

Por último, cabe remarcar que el pasado 14 de junio de 2014 entró en vigor la Directiva 2012/27/UE. Esta Directiva complementa a la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de edificios, en lo referente a la función ejemplarizante de los edificios de los organismos públicos complementa la 2010/31/UE así como modifica y deroga algunos¹ de sus artículos. la cual modificaba algunos artículos de la directiva 2010/31/UE

3.1.1.2 ESPAÑA: TRANSPOSICIÓN DE LA EPBD 2002/91/CE

Con el objetivo de transponer la *EPBD* en el estado español, el ejecutivo planteó y aprobó una serie de Reales Decretos para aplicar la *EPBD* a los edificios² ubicados en el estado. Estos decretos se resumen a continuación:

- **Real Decreto 314/2006 – Código Técnico de la Edificación (CTE)** – regulaba parámetros constructivos que se debían incluir en los edificios.
- **Real Decreto 47/2007** – regulaba la certificación de eficiencia energética de edificios nuevos. Fija la fecha de 1 de junio de 2013 como la fecha límite para poner a disposición de arrendadores o compradores de edificios un certificado de eficiencia energética (CEE) de los mismos.
- **Real Decreto 1027/2007 – Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE)** – regulaba la eficiencia energética de las instalaciones térmicas en los edificios
- **Real Decreto 235/2013** – regula la certificación de edificios existentes y deroga el RD/47/2007 de certificación de edificios nuevos.

Con el propósito de entender mejor la transposición de la legislación europea a la legislación española se ilustra, en la figura siguiente, un esquema temporal de la evolución paralela de ambas legislaciones.

¹ Para saber qué artículos se complementan y derogan, consultar: <http://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>

² Edificios existentes aquellos anteriores al año 2007 y nuevos (o de nueva construcción) aquellos posteriores al mismo año.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

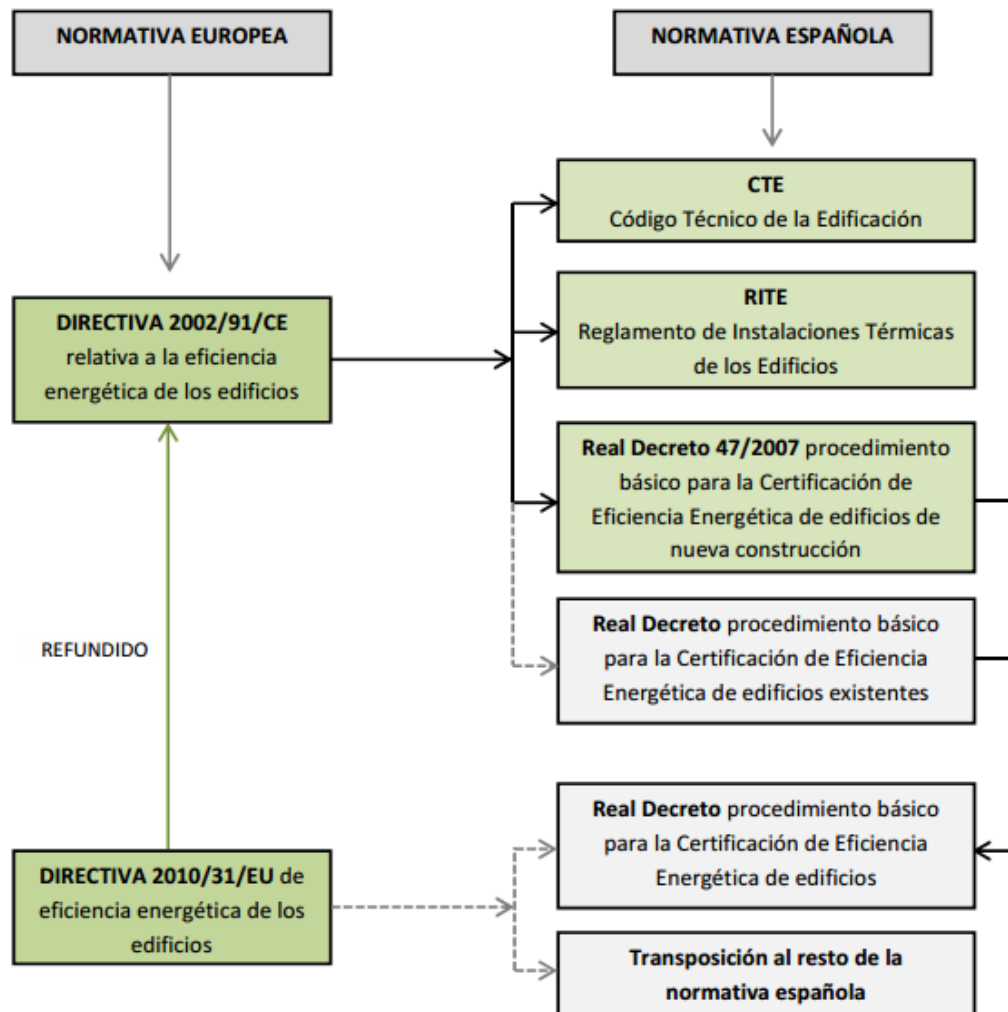


Figura 1 Transposición de la normativa europea a la española. Fuente [7]

3.1.2 EL CERTIFICADO ENERGÉTICO

El certificado energético o de eficiencia energética es un documento oficial que debe cumplir con una serie de requisitos y contener una serie de datos para su validez. Es, por tanto, el certificado energético un documento oficial que califica la eficiencia energética de un edificio a partir del cálculo del consumo de energía anual que éste necesita para satisfacer la demanda a la que está sometido en condiciones normales de ocupación y funcionamiento.

El certificado de eficiencia energética debe contener:

- Identificación del edificio: Nombre, dirección, referencia catastral, etc.
- Datos del técnico certificador y del promotor o propietario del edificio.
- Uso del edificio y condiciones de funcionamiento y ocupación.
- Indicación del procedimiento reconocido que se ha utilizado para la calificación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- Indicación de la normativa de aplicación.
- Descripción de las características energéticas del edificio: envolvente térmica e instalaciones.
- Calificación de eficiencia energética obtenida.
- Descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador. (En caso de edificios existentes)
- Documento de recomendaciones para la implantación de medidas de mejora que hagan reducir las emisiones de CO₂ del edificio. (En caso de edificios existentes)

Dicho certificado se puede obtener mediante diferentes procedimientos en función de si el edificio a estudiar es nuevo o existente así como de si dicho edificio es un edificio de viviendas (o una vivienda en sí) o bien está destinado a otros usos. Los procedimientos a seguir se contemplan en la siguiente figura:

		Certificación energética de edificios
Edificios nuevos	Vivienda	CALENER VyP CE2 CERMA
	Otros usos	CALENER VyP CALENER GT
Edificios existentes	Vivienda	CALENER VyP CE3 CE3X CERMA
	Otros usos	CALENER VyP CALENER GT CE3 CE3X

Figura 2 Procedimientos de Certificación Energética de Edificios. Fuente [16]

Existen, dentro del cuadro anterior, dos tipos de métodos para obtener la certificación energética:

- El **método general**: se realiza mediante CALENER que es el programa oficial para la obtención de las certificaciones mediante este método. Este programa tiene en cuenta el carácter prestacional del método y desarrolla los cálculos de una manera directa.
- El **método simplificado**: se puede realizar mediante CE³ y/o CE³X que, atendiendo al carácter prescriptivo del método, desarrollan los cálculos de forma indirecta.

Sea cual sea el método aplicado, el certificado tendrá validez durante un periodo máximo de 10 años desde su suscripción. Una vez consumido dicho periodo, el certificado deberá renovarse.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Ahora se puede entrar en el cuadro de procedimientos sabiendo que el edificio *BCT* es un edificio que está destinado al sector servicios (otros usos) y que es un edificio ya existente. Con todo esto, se decide estudiar el edificio en cuestión mediante un método simplificado, haciendo uso del CE³X.

3.1.2.1 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CE³X

La descripción del modo de uso del programa, cómo este divide los datos, y la forma en la que obtiene las certificaciones se especificará con detalle en el capítulo 5.1 de este documento. No obstante cabe hacer una mención aquellas herramientas que el programa facilita al usuario pero que, en el caso de estudio, no se han utilizado al no estar los resultados proporcionados por dichas herramientas dentro del alcance del trabajo.

Estas herramientas son:

- **Medidas de mejora:** El programa indica qué contribuciones energéticas parciales tienen la peor calificación y, dependiendo de cuáles sean dichas contribuciones, el técnico debe proponer las medidas de mejora a tomar.
- **Análisis económico:** El programa realiza un análisis económico de las medidas de mejora propuestas por el técnico certificador y genera un presupuesto asociado a las mismas.

Una vez completados todos estos pasos, el programa genera un informe completo sobre la calificación energética. Dicho informe debe entregarse al organismo competente de la administración (variando dependiendo de la comunidad autónoma). El organismo competente, por último, será el encargado de emitir la etiqueta energética definitiva.

3.1.2.2 LA ETIQUETA ENERGÉTICA

La etiqueta de eficiencia energética informa de las emisiones de CO₂/m² anuales así como de la energía consumida en kWh/m². Con estos datos, además de con la procedencia del consumo de energía primaria, se clasifica el edificio de la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). El modelo de etiqueta homologada de energética se puede observar en la siguiente figura (Nota: para ver el significado de cada una de las partes de la etiqueta así como las características que ésta debe cumplir, consultar el Anexo V):

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO TERMINADO ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente: construcción / rehabilitación

Tipo de edificio: _____

Dirección: _____

Municipio: _____

C.P.: _____

C. Autónoma: _____

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m² año	Emissiones kg CO ₂ / m² año
A más eficiente		
B		
C		
D		
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Válido hasta diciembre 2018

ESPAÑA

Directiva 2010 / 31 / UE

Figura 3 Modelo etiqueta de calificación energética de edificios. Fuente [17]

Los índices de calificación energética se obtienen a partir de una serie de ratios entre el edificio de estudio enfrente del edificio modelo. Para el caso que ocupa a este trabajo, los índices de calificación están acotados de la siguiente manera:

Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0,40$
B	$0,40 \leq C < 0,65$
C	$0,65 \leq C < 1,00$
D	$1,00 \leq C < 1,30$
E	$1,30 \leq C < 1,60$
F	$1,60 \leq C < 2,00$
G	$2,00 \leq C$

Tabla 1 Calificación en edificios de otros usos. Fuente [12]

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Para ver el método de obtención del coeficiente C así como los coeficientes para edificios de viviendas y su método de obtención consultar *Anexo VI*. Para una información más detallada, consultar *Fuente [12]*

3.2 COROLARIO

En el año 2010 entró en vigor la directiva 2010/31/UE. Uno de sus objetivos es el de regular las certificaciones energéticas, ya sea en edificios de nueva construcción o en aquellos construidos antes de la fecha de entrada en vigor. Por esta razón muchas ingenierías incorporaron a su oferta de servicios las certificaciones energéticas. Éstas se realizan empleando un software que se basa en la estimación del consumo energético del edificio a estudiar a partir de las instalaciones de las que este dispone así como de su envolvente térmica. Es decir, a partir de métodos simplificados.

Debido a este auge de las certificaciones energéticas, se cree oportuno comprobar que los resultados obtenidos después de la aplicación de estos métodos se adecuan a la realidad. Asimismo, también se cree conveniente comprobar si hay otras vías para obtener dicho certificado.

4 ESPECIFICACIONES BÁSICAS

Respecto a las certificaciones mediante métodos simplificados, se entiende que los parámetros que se dejen por defecto serán interpretados de la manera adecuada por el programa. Asimismo, se entiende que los datos proporcionados por el *SOMT* son los más actualizados y que se ajustan al comportamiento y estructura actuales del edificio.

Respecto a la certificación monitorizada, se debe tener en cuenta que los datos se guardan cada cuarto de hora, por lo que no se podrán realizar cálculos con datos tomados en intervalos inferiores. Aun así, este aspecto no afecta al desarrollo previsto del trabajo, puesto que los datos se tomarán de forma diaria.

Además, respecto a la certificación monitorizada, cabe remarcar que se supondrá un consumo de iluminación medio diario con el fin de poder determinar las aportaciones de calefacción y refrigeración. También se asumirán como no representativos los meses de: julio, agosto y la primera quincena de septiembre; así como tampoco estarán incluidos en el estudio los fines de semana (sábados y domingos).

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

5 FUNDAMENTOS Y METODOLOGIA EMPLEADA

En este capítulo se exponen las diferentes metodologías empleadas a la hora de obtener las certificaciones energéticas. Además, conforme se va desarrollando la explicación de dichas metodologías, se van introduciendo ciertos fundamentos teóricos del modo en el que se obtienen las calificaciones.

5.1 CERTIFICACIONES MEDIANTE MÉTODOS SIMPLIFICADOS (CE³X)

Con el fin de entender de manera adecuada la metodología empleada a la hora de obtener las certificaciones mediante métodos simplificados, se presenta el siguiente diagrama. Este diagrama representa de forma simplificada los pasos seguidos para la obtención de estas calificaciones:

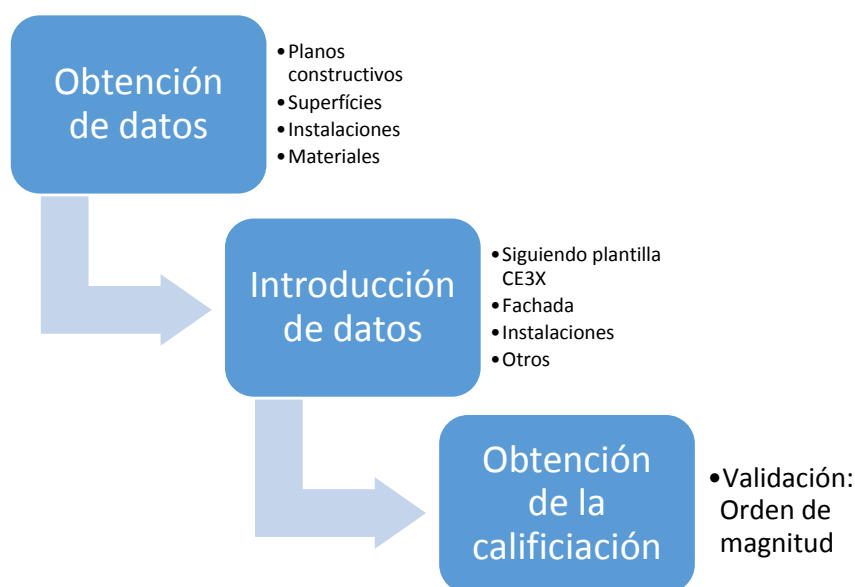


Figura 4 Proceso seguido para obtener las certificaciones con métodos simplificados.

Como se puede observar, la metodología empleada es la siguiente:

- **Obtención de datos:** En esta fase se ha recopilado la información documental disponible relacionada con el edificio. Esta información consta de: los planos constructivos, dimensiones y materiales de las superficies y especificaciones de las instalaciones.
- **Introducción de datos:** En esta fase se han introducido los datos en el programa CE3X siguiendo la guía (consultar *Fuente [13]*) existente para ello. Cabe notar que los datos introducidos se han estimado en la mayoría de los elementos para la certificación básica (capítulo 6.3 de este documento); se han definido librerías de cerramientos con propiedades térmicas conocidas para la certificación exhaustiva (capítulo 7.3 de este documento)

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- **Obtención de la calificación:** Esta última fase es la más sencilla de las tres. Una vez introducidos todos los datos el programa califica el edificio. El aspecto importante en esta fase es la interpretación del resultado y la validación del mismo teniendo presentes ciertos órdenes de magnitud.

5.1.1 OBTENCIÓN DE DATOS

Los datos los ha proporcionado el *Servicio de Obras y Mantenimiento del Campus Terrassa* (en adelante: *SOMT*). A continuación se especifica la forma mediante la cual el *SOMT* ha proporcionado los datos así como los valores finales que se han tenido en cuenta.

- **Superficies:** Se han obtenido a partir de tres fuentes distintas: planos CAD, planos constructivos y de detalle (consulta en el archivo del *SOMT*) y en un documento Excel. Estos últimos, han sido tratados con el fin de incluir solamente aquellas superficies correspondientes al edificio biblioteca descartando, por tanto, aquellas correspondientes a los locales comerciales situados en la planta baja del edificio de estudio.
- **Materiales:** Se han obtenido principalmente a partir del documento Excel proporcionado por el *SOMT*. Algunos datos han sido contrastados con el personal de dicho organismo.
- **Instalaciones:** Sus especificaciones técnicas, horas de funcionamiento, rendimientos y superficie a la que abastece, han sido proporcionados por el *SOMT*. En este caso las instalaciones son las mismas para las dos certificaciones, básica y exhaustiva.

5.1.2 INTRODUCCIÓN DE DATOS

La introducción de los datos siguientes es imprescindible para la obtención de una certificación energética.

Nada más iniciar el programa, éste requiere al usuario que especifique si el edificio de estudio es: residencial, pequeño terciario o gran terciario.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.



Figura 5 Ventana de inicialización del CE³X

Es importante que el usuario tenga claro qué tipo de edificio quiere certificar, puesto que el programa basa gran parte de sus resultados en la comparación de edificios similares.

En el caso de estudio de este trabajo, el edificio escogido es un pequeño terciario. Es terciario por el hecho de trabajar para el sector de servicios y pequeño por la superficie habitable que posee y la cantidad de usuarios a los que presta servicio.

5.1.2.1 DATOS ADMINISTRATIVOS Y GENERALES

5.1.2.1.1 DATOS ADMINISTRATIVOS

Pese a no influir directamente sobre los resultados, los datos administrativos aportan de manera clara y diferenciada: los datos de localización del edificio de estudio y los datos de las entidades y/o personas partícipes del estudio.

Cabe mencionar de manera especial la diferenciación que hace el programa en la introducción de datos.

- **Localización:** A parte de incluir la dirección típica de un edificio o inmueble, el programa requiere al usuario la introducción de la referencia catastral. Este aspecto es importante ya que la referencia catastral sitúa el edificio, proporcionando los demás datos introducidos anteriormente cuando se busca en la *Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro (SEC)*. Consultar el *Anexo IV* para ver el documento catastral del edificio en estudio.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- **Datos del cliente:** Es la persona (física o jurídica) en posesión del edificio. Es la encargada de solicitar el certificado al técnico certificador.
- **Datos del técnico certificador:** Es aquel técnico que acredite una de las titulaciones habilitantes para alguna de las cuatro actividades profesionales siguientes: dirección de obras de edificación, realización de proyectos de las instalaciones térmicas en obras de edificación, redacción y dirección de proyectos en obras de edificación en su totalidad. Estas características se encuentran contempladas en el Real Decreto 235/2013. Asimismo, la Ley 38/1999, establece que los profesionales hábiles para la realización de las actividades mencionadas anteriormente y, por tanto, competentes para suscribir el certificado de eficiencia energética de los edificios son: Ingenieros Superiores, Arquitectos, Ingenieros Técnicos, Arquitectos Técnicos y Aparejadores.

En la figura siguiente se puede ver la ventana de introducción de los datos administrativos en CE3x, observando las características previamente descritas.

The screenshot displays a web form for administrative data entry in CE3x, organized into three distinct sections:

- Localización e identificación del edificio:** This section includes input fields for 'Nombre del edificio', 'Dirección', 'Provincia/Ciudad autónoma' (a dropdown menu), 'Localidad' (a dropdown menu), 'Código Postal', and 'Referencia Catastral'.
- Datos del cliente:** This section includes input fields for 'Nombre o razón social', 'Dirección', 'Provincia/Ciudad autónoma' (a dropdown menu), 'Localidad', 'Código Postal', 'Teléfono', and 'E-mail'.
- Datos del técnico certificador:** This section includes input fields for 'Nombre y Apellidos', 'Razón social', 'Dirección', 'Provincia/Ciudad autónoma' (a dropdown menu), 'Localidad', 'Código Postal', 'Teléfono', 'E-mail', 'NIF', and 'CIF'.

Figura 6 Pestaña de introducción de datos administrativos en CE³X

5.1.2.1.2 DATOS GENERALES

Tal y como se puede observar en la figura siguiente, la introducción de estos datos se divide en dos tipos de datos: generales y de definición del edificio.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

The image shows a screenshot of the CE3X software interface. It is divided into two main sections: 'Datos generales' (General Data) and 'Definición edificio' (Building Definition).

Datos generales: This section contains several input fields and dropdown menus. 'Normativa vigente' has a dropdown menu and a '?' icon. 'Año construcción' is a text input field. 'Tipo de edificio' is a dropdown menu. 'Perfil de uso' is a dropdown menu. 'Provincia/Ciudad autónoma' is a dropdown menu. 'Localidad' is a dropdown menu. 'Zona climática' has two dropdown menus labeled 'HE-1' and 'HE-4'.

Definición edificio: This section contains input fields for 'Superficie útil habitable' (with a unit 'm2'), 'Altura libre de planta' (with a unit 'm' and a value of '2.7'), 'Número de plantas habitables', 'Consumo total diario de ACS' (with a unit 'l/día' and a value of '0'), and 'Masa de las particiones' (with a dropdown menu set to 'Media'). There is also a checkbox labeled 'Se ha ensayado la estanqueidad del edificio'. At the bottom right, there are two buttons: 'Imagen edificio' and 'Plano situación'.

Figura 7 Pestaña de introducción de Datos Generales en CE³X

Los datos generales requieren de la especificación de:

- **Normativa vigente:** Dependiendo del año de construcción, el programa lo asocia a una normativa de construcción. Así pues, cuando el CE³X tenga que estimar los datos que no han podido ser introducidos por el usuario lo hará introduciendo en peor valor posible contemplado por la normativa correspondiente.
- **Tipo de edificio:** Permite especificar si el estudio se realiza sobre el edificio completo o sobre un local del mismo.
- **Perfil de uso:** Permite especificar la intensidad con la que el edificio presta servicio durante las horas de funcionamiento. Los perfiles de uso van desde una intensidad baja, pasando por media, hasta intensidad alta.
- **Provincia/Ciudad Autónoma, Localidad y Zona Climática:** Al introducir la provincia y localidad, el programa define una zona climática. Esta última también puede ser definida manualmente. La definición de la zona climática es fundamental para obtener una certificación adecuada ya que el programa tiene patrones de consumo y emisiones diferentes para cada zona climática.

Seguidamente se requiere la definición del edificio, para la cual hace falta introducir: la superficie útil, la altura libre de planta y el número de plantas así

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

cómo y el consumo diario de agua caliente sanitaria y la masa de las particiones (ligera, media o pesada).

5.1.2.2 ENVOLVENTE TÉRMICA

La envolvente térmica la componen aquellos cerramientos que limiten los espacios habitables del edificio con el exterior, entendiendo como exterior: aire, terreno u otros edificios; además también la componen las particiones interiores dentro del edificio en estudio entre espacios habitables y no habitables.

La envolvente térmica la componen, por tanto, varios elementos merecedores de un tratamiento especial. Estos elementos son: cubiertas, muros, huecos y lucernarios, particiones interiores, puentes térmicos e instalaciones. Además, todas ellas tienen asociados diferentes tipos según sus características. En la figura siguiente se presenta un esquema donde se puede observar cómo una fachada se puede dividir en los elementos mencionados anteriormente y cómo éstos también pueden ser de diferentes tipos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

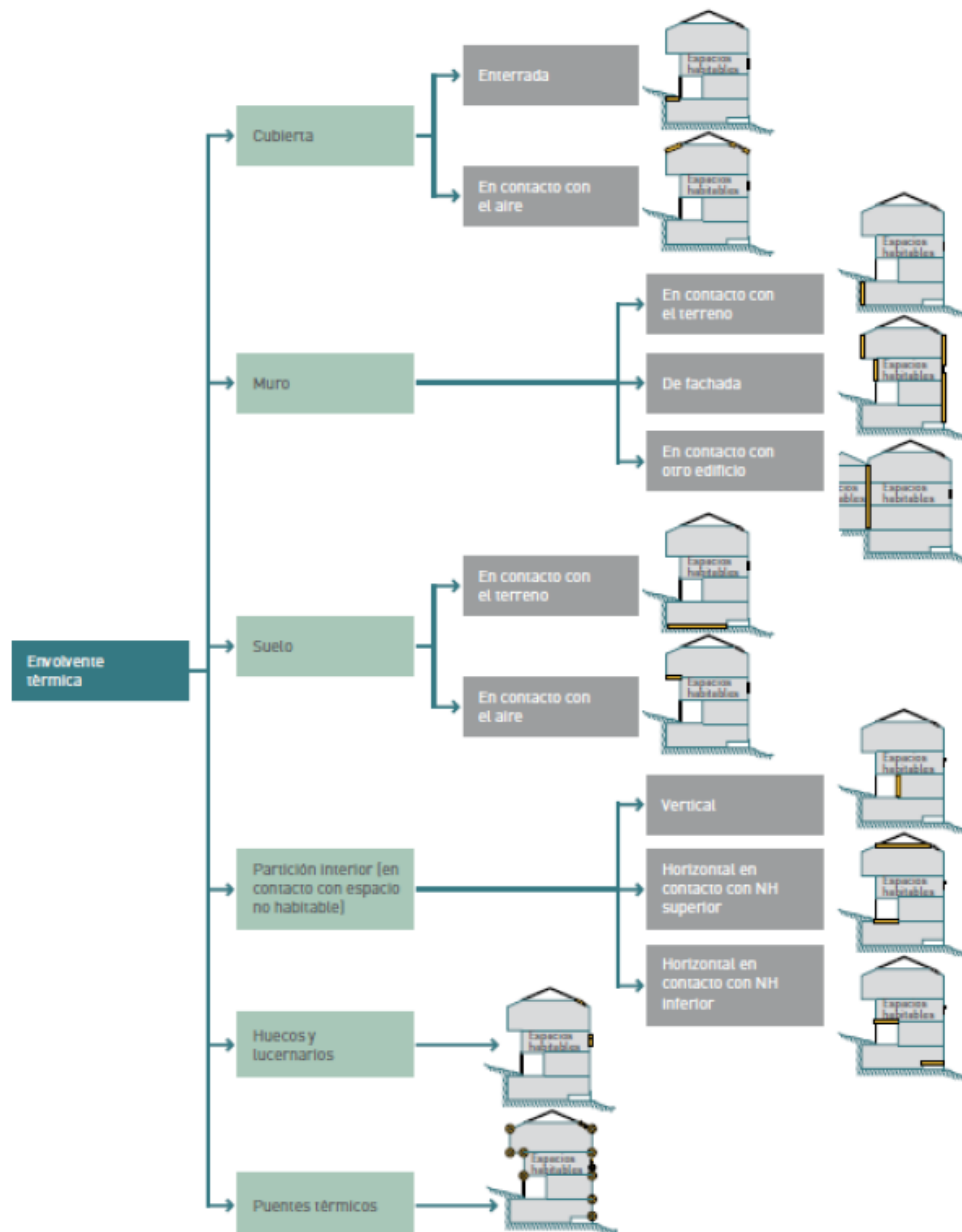


Figura 8 Envolvente térmica de un edificio y sus elementos. Fuente [13]

A continuación se describen los cerramientos que constituyen la envolvente térmica del edificio en estudio. La definición de sus parámetros y medidas se presentará en los capítulos correspondientes a las certificaciones básica o exhaustiva.

5.1.2.2.1 CUBIERTAS Y SUELOS

Las cubiertas son los cerramientos horizontales con la cota más elevada de la zona del edificio que se esté estudiando. Se distinguen dos tipos de cubiertas: las enterradas y en contacto con el aire. El edificio a estudiar solo cuenta con una cubierta y ésta está en contacto con el aire.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelització del edifici de la Biblioteca BCT mitjançant mètodes simplificats.

Por otro lado, los suelos son los cerramientos horizontales con la cota de menor altitud de la zona del edificio que se esté estudiando. La profundidad puede ser hasta 0.5 metros o bien superior (para este último caso deberá especificarse cuál es la profundidad). En el caso de estudio solo hay un suelo y tiene una profundidad igual a 0.5 metros.

5.1.2.2.2 MUROS

Son cerramientos verticales y se pueden diferenciar tres tipos de muro: de fachada (en contacto con el exterior), de medianería (en contacto con otro edificio) y en contacto con el terreno.

El edificio de en estudio se ha repartido en cuatro fachadas principales: norte, sur, oeste y este. Los materiales que componen estas fachadas así como las subgrupos que las definen serán específicos en cada una de las certificaciones, la básica y la exhaustiva.

5.1.2.2.3 HUECOS Y LUCERNARIOS

Son cerramientos constituidos por puertas y ventanas pertenecientes a los cerramientos exteriores ya bien sea en las cubiertas (lucernarios) o en las fachadas (huecos). Los diferentes huecos y lucernarios que hay en el edificio se especifican en los capítulos dedicados a las certificaciones básica y exhaustiva.

5.1.2.2.4 PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos forman parte de la envolvente térmica y se identifican por ser zonas dónde hay discontinuidades constructivas. Estas discontinuidades son, mayoritariamente, debidas a la intersección o contacto entre elementos de envolvente térmica con otros elementos del edificio (mayormente estructurales).

En ambas certificaciones se han obtenido los puentes térmicos introducidos por defecto por el programa.

5.1.2.2.5 PARTICIONES INTERIORES

Las particiones interiores son aquellos elementos de la envolvente térmica que separan el espacio habitable del edificio de otro que no lo es. Estas particiones pueden ser: verticales, horizontales con el espacio no habitable en la parte superior y horizontal con el espacio no habitable en la parte inferior.

En el caso del edificio en estudio se han considerado como particiones interiores los elementos que separan dicho edificio de los locales comerciales en la parte inferior. Esta consideración es correcta en tanto que se sabe que los locales

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

están climatizados y que, a efectos del programa, se los puede considerar como espacios no habitables del tipo “local en superficie”. Además se conoce la conductividad térmica que existe en las separaciones entre el edificio en estudio y los locales comerciales.

5.1.2.3 INSTALACIONES

Los datos introducidos en el apartado de instalaciones han sido proporcionados por el *SOMT* y se han obtenido a partir de estimaciones de funcionamiento de cada una de ellas. Los datos desconocidos se han introducido como datos predeterminados por el programa. Dichos datos son los mismos tanto para la certificación básica como para la exhaustiva.

El programa divide las instalaciones en diferentes grupos según el fin para el cual están destinadas.

Asimismo, hay que hacer especial mención a la inexistencia de una instalación de agua caliente sanitaria (ACS) en el edificio.

En los siguientes apartados se describen, de estos grupos, aquellos instalados en el edificio y que, por tanto, se han utilizado para las certificaciones del edificio cada uno de estos grupos.

5.1.2.3.1 EQUIPO DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

El equipo de calefacción y refrigeración consta de 5 bombas (4 equipos de más de 10 años de antigüedad y 1 equipo de menos de 5 años) de calor emplazadas en la cubierta del edificio. El funcionamiento de cada una de estas máquinas está sujeto a la demanda del edificio dependiendo de la demanda en función de la temperatura exterior así como del óptimo de temperatura interior. El control de funcionamiento de estos equipos es automático (están siempre encendidos y empiezan a funcionar según demanda) y está regulado desde el *SOMT* tal y como se muestra en la figura:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

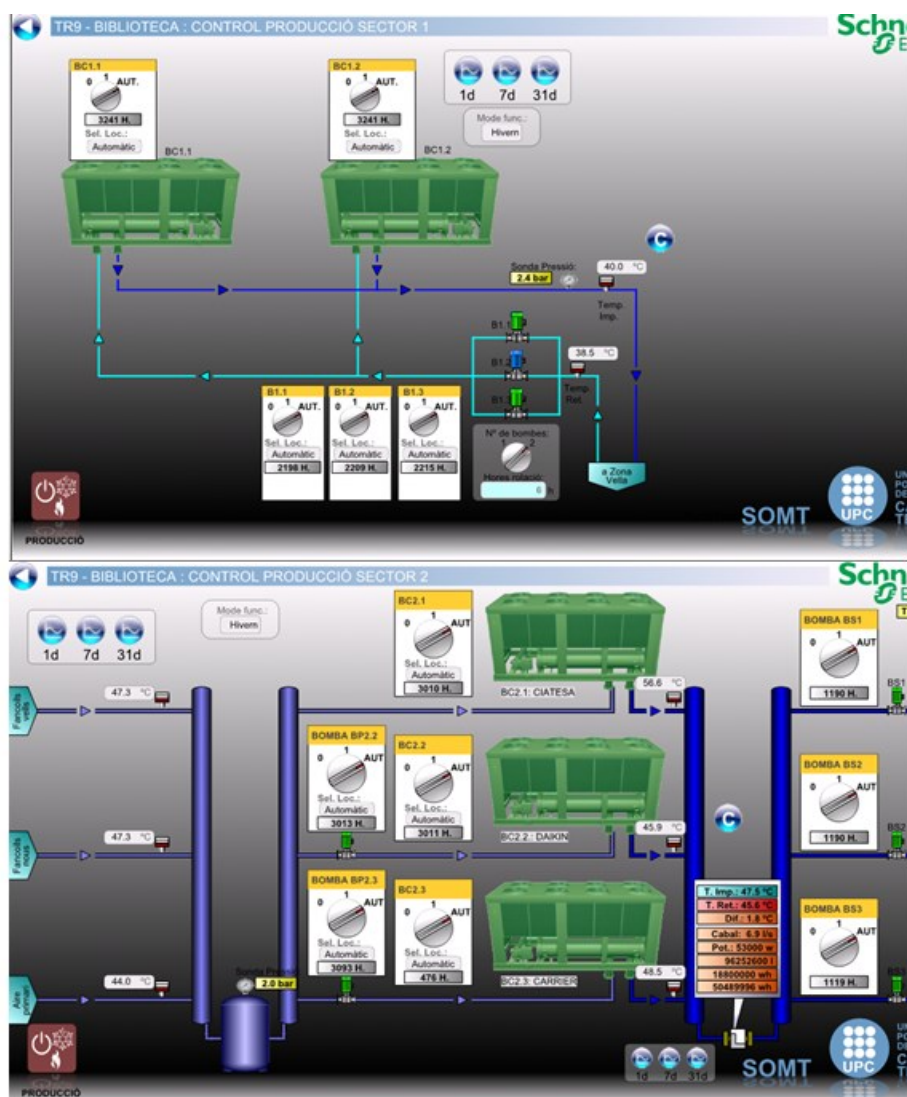


Figura 9 Entorno de control de los equipos de calefacción y refrigeración. Fuente [21]

Es necesario mencionar que se ha estimado que la demanda de superficie cubierta por cada uno de los equipos es la misma (un 20% de la superficie total habitable para cada una de ellas).

5.1.2.3.2 EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

Los equipos de iluminación existentes en el quipo son de diferentes características en cuanto a potencia consumida y luxes emitidos. Por este motivo, se ha asimilado un solo equipo de iluminación con las características del equipo con más potencia instalada. Referente a dicha potencia, se ha sumado la potencia total instalada para todos los equipos presentes en el edificio. Para ver la tabla de potencia contratada ir al *Anexo VII*.

5.1.2.3.3 EQUIPOS DE AIRE PRIMARIO

Los equipos de aire primario son aquellos que se encargan de hacer llegar el aire a todos y cada uno de los equipos de ventilación. En el caso del edificio en

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

estudio existe un único equipo de aire primario que es capaz de conducir un caudal de 1500 m³/h (este dato es el único que necesita el programa para instalaciones de aire primario).

El funcionamiento del equipo de aire primario que hay en el edificio BCT, además de intercambiar el calor del exterior con el interior, cuenta con un recuperador de calor que hace que la eficiencia de los equipos de calefacción y refrigeración mejore. El funcionamiento del equipo de aire primario se puede interpretar en la siguiente figura, que muestra el panel de control de dicho equipo.

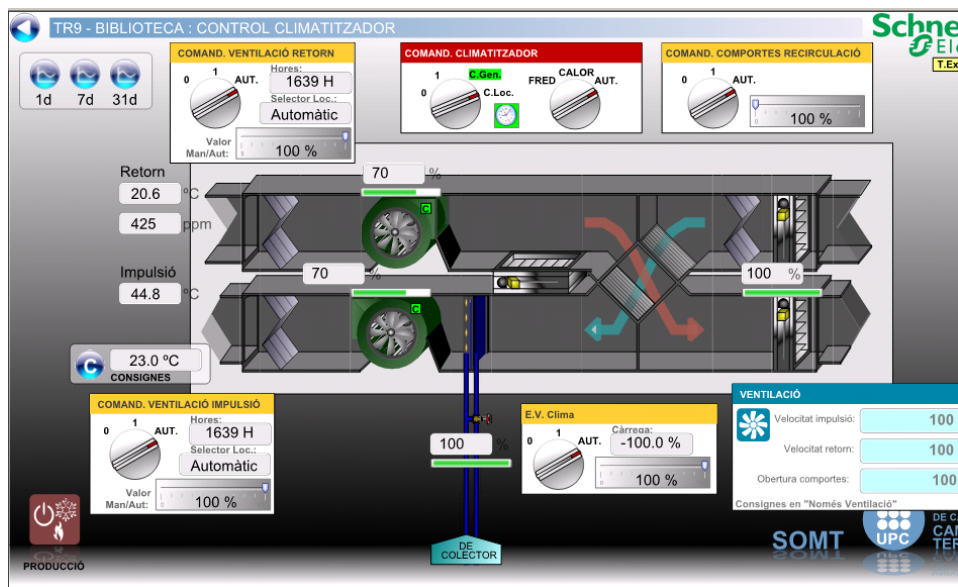


Figura 10 Panel de control del equipo de aire primario. Fuente [21]

5.1.2.3.4 EQUIPOS DE VENTILACIÓN

Los equipos de ventilación (o ventiladores), son aquellas instalaciones encargadas de expulsar el aire desde la instalación principal hacia el espacio habitable. Estos equipos pueden ser de distinta naturaleza: climatizadores, fancoils o condensadores autónomos por aire.

En el caso que ocupa este trabajo, se ha facilitado la tarea del certificador sumando las potencias eléctricas de cada uno de los equipos de ventilación y estimando un número de horas de demanda anuales. Asimismo, se ha diferenciado entre un equipo que funciona en verano con otro que funciona en invierno; esto último no es así ciertamente, pero a la hora de hacer la estimación de las horas de funcionamiento según demanda esta diferenciación es necesaria ya que en invierno trabajan menos que en verano.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

5.1.2.3.5 EQUIPOS DE BOMBEO

Los equipos de bombeo son las instalaciones del edificio que engloban todos los equipos que contribuyen al movimiento de agua del edificio. Estos equipos pueden ser para calefacción, refrigeración o para el bombeo de ACS.

En el caso del edificio en estudio, al no haber ACS, distinguiremos entre dos equipos de bombeo: el de calefacción (invierno) y el de refrigeración (verano). Se puede observar cómo, igual que en el caso de los equipos de ventilación, también se ha hecho la distinción entre invierno y verano aunque los equipos de bombeo sean los mismos para todas las épocas del año.

5.1.3 CALIFICACIÓN OBTENIDA

La calificación energética del edificio se obtiene después de haber introducido todos los datos necesarios en el CE³X. Este programa, a partir de una serie de comparaciones con edificios similares, interpolaciones y aplicaciones de factores de conversión, proporciona una calificación energética. Esta consta de un indicador global y de unos indicadores parciales que hacen referencia a los diferentes equipos que existen en el edificio. El primero de los indicadores mencionados es el que proporciona la etiqueta energética del edificio, mientras que el resto sirven para apreciar de en cuál es la aportación energética de las diferentes instalaciones al conjunto del consumo del edificio. (Nota: para ver los pasos que sigue el programa consultar *Fuente [12]*)

5.2 CERTIFICACIÓN A PARTIR DE DATOS MONITORIZADOS

Con el fin de entender de manera adecuada la metodología empleada a la hora de obtener la certificación monitorizada, se presenta el siguiente diagrama. Este diagrama representa de forma simplificada los pasos seguidos para la obtención de esta calificación:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

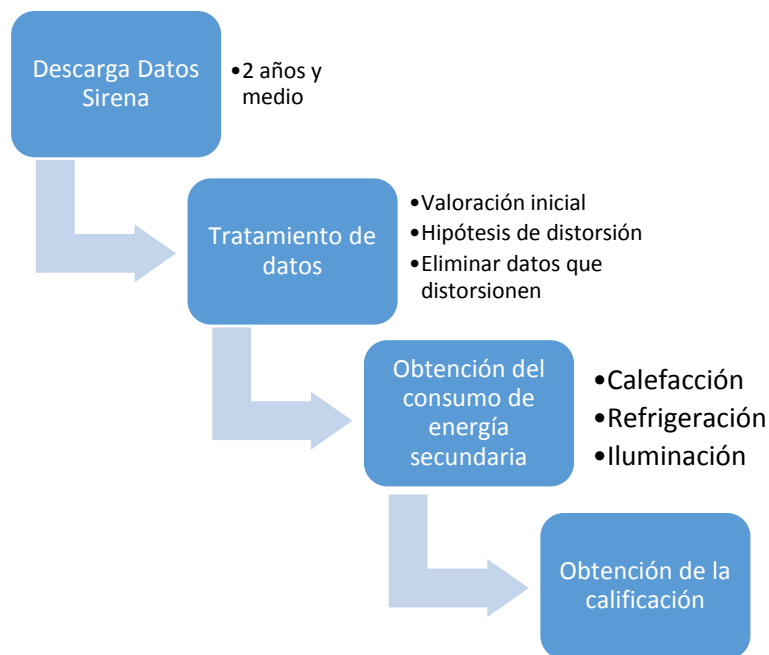


Figura 11 Proceso seguido para la obtención de la certificación monitorizada

Como se puede observar, la metodología empleada es la siguiente:

- **Obtención de datos:** En esta fase se han obtenido los datos recogidos a lo largo de un periodo de 2 años y medio aproximadamente, desde el 01 de enero de 2012 hasta el 30 de septiembre de 2014
- **Tratamiento de datos:** Se admite como válida la hipótesis de que el edificio está operativo en las horas del día donde la temperatura es máxima o cercana a ésta. Se grafican los datos de consumo eléctrico en función de las temperaturas máxima. Se admite como válida la hipótesis de que desde principios de julio hasta mediados de septiembre, la ocupación del edificio no es representativa de la ocupación normal. Se vuelve a graficar el consumo eléctrico diario en función de las temperaturas máximas eliminando los meses menos representativos.
- **Obtención del consumo de energía secundaria:**
 - Se encuentra un valor promedio de consumo eléctrico entre las temperaturas 15.1°C y 21°C (temperaturas límite para activar calefacción o refrigeración respectivamente).
 - Se admite como válida la hipótesis que cuando la temperatura baje de 15.1°C o suba de 21°C, los consumos de energía eléctrica superiores al valor promedio encontrado anteriormente serán debidos a la calefacción o refrigeración del edificio

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- Con las hipótesis anteriores y el tratamiento oportuno de los datos, se obtiene un consumo de energía secundaria desglosado en calefacción, refrigeración e iluminación.
- **Obtención de la calificación:** Se aplican factores de transformación de energía secundaria a energía primaria y se obtiene la calificación energética del edificio.

Para la obtención de esta calificación se asumen las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis de consumo eléctrico diario constante:** Se acepta el consumo eléctrico diario como el consumo promedio de todos aquellos días en los que no se haya hecho uso de los sistemas de calefacción o refrigeración.

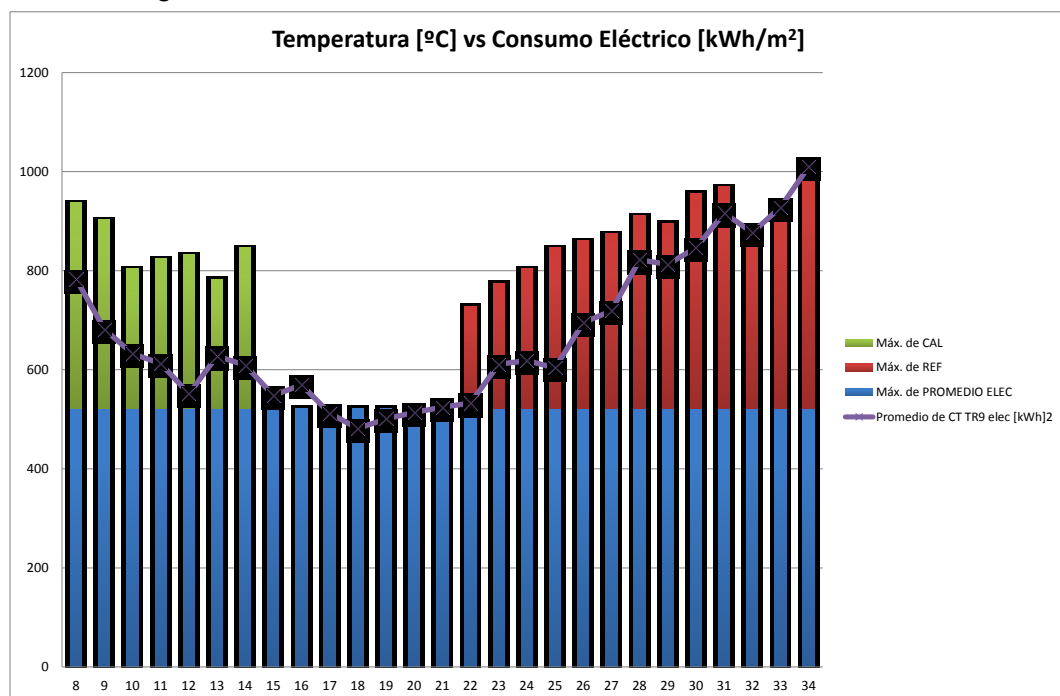


Gráfico 1 Hipótesis de aportaciones constantes de los equipos de iluminación.

Como se observa en el gráfico anterior, el consumo eléctrico promedio (morado) crece conforme las temperaturas se hacen más extremas. Así pues se asume que la aportación de los equipos de iluminación (azul) es constante y que las aportaciones de los equipos de calefacción (verde) y refrigeración (rojo) se obtienen a partir de la diferencia entre el consumo eléctrico real y el promedio de iluminación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

6 CERTIFICACIÓN BÁSICA

6.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

El único aspecto diferente en la metodología empleada para la obtención de la certificación básica es que las propiedades térmicas se establecen “por defecto” (datos del programa según edificio normativa vigente).

6.2 ENVOLVENTE TÉRMICA

6.2.1 CUBIERTAS Y SUELOS

El edificio *BCT* solo posee una cubierta que se ha definido como cubierta superior plana y cuya conductividad térmica la ha obtenido el programa como un valor por defecto, tal y como expresa la tabla siguiente.

Código	Tipo de cerramiento	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta_Superior	Cubierta superior plana	801,55	1,20	Por defecto
Suelo_Enterrado	Suelo en contacto con el terreno	112.5	1.00	Por defecto

Tabla 2 Propiedades de la cubierta.

6.2.1.1 MUROS DE FACHADA

En el caso de la certificación básica el edificio se ha dividido en cuatro fachadas: norte, sur, oeste y este.

La tabla siguiente muestra las características de cada una de estas fachadas.

Código	Superficie ³ [m ²]	Tipo de fachada	Aislante térmico	Huecos y lucernarios asociados	Orientación
F1	318.84	Fachada de doble hoja con cámara de aire no ventilada	EPS	SI	Norte
F2	319.01			SI	Sur
F3	160.13			SI	Oeste
F4	166.14			SI	Este

Tabla 3 Características de los muros de fachada. Certificación Básica.

³ Superficies de fachada sin tener en cuenta huecos y lucernarios

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

6.2.1.2 HUECOS Y LUCERNARIOS

En el caso del edificio estudiado solamente hay huecos (ventanas y ventanales) y sus características así como la fachada en la que se encuentran están especificadas en la siguiente tabla.

Código	Superficie [m ²]	Descripción	Absort. Marco
F1_Ventanas	62.29	16 unidades de 2,11x1,85 de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6), sin RTP, con retranqueo de 25cm	0.96
F1_Ventanas_Escaleras	22.33	1 unidad de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6) y reja de plancha metálica estirada, sin RTP	
F2_Ventanas_Seguridad	171.40	1 unidad de Acristalamiento de vidrio de seguridad Stadip, con protección solar mediante lamas de aluminio	
F3_Ventanas	24.98	8 unidades de 2,11x1,48 carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6), sin RTP, con retranqueo de 25cm	
F3_Ventanas_Escaleras	20.54	1 unidad de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6) y reja de plancha metálica estirada, sin RTP	
F4_Ventanas_Escaleras	9.36	1 unidad de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6) y reja de plancha metálica estirada, sin RTP	
F4_Ventanas_ESC	3.4	1 unidad de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6) y reja de plancha metálica estirada, sin RTP	
F4_Ventanas	6.25	2 unidades de 2,11x1,48 de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6), sin RTP, con retranqueo de 25cm	
F4_Vent2	2.50	1 unidad de carpintería de aluminio lacado con acristalamiento doble (6+4+6), sin RTP, con retranqueo de 25cm	
F4_Vent3	5.52		
F4_Vent4	5.68		
F4_Vent5	4.09		
F4_Vent_Seguridad	30.41	1 unidad de Acristalamiento de vidrio de seguridad Stadip, con protección solar mediante lamas de aluminio	

Tabla 4 Características relevantes de los huecos de las fachadas.

6.2.1.3 PARTICIONES INTERIORES

Encontramos dos tipos de particiones interiores ya mencionadas anteriormente. Son aquellas asociadas a la separación entre el edificio en estudio y los locales comerciales de la planta baja. Suponiendo los locales comerciales como espacios no habitados del edificio del tipo "locales en superficie" las características de las particiones son:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Código	Superficie [m ²]	Posición	Propiedades térmicas
F3_Pared-Locales	47.25	Vertical	Por defecto
CubiertaInferior_Locales	580.86	Horizontal. Contacto Inferior	Por defecto

Tabla 5 Características de las particiones interiores. Certificación Básica

6.2.1.4 PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos y sus cerramientos asociados son:

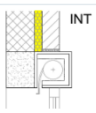

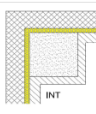
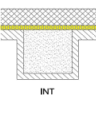
Código	Tipo	Figura	Cerramiento Asociado	Conductividad [W/mK]	Longitud [m]
PT1	Caja de Persiana		F1	0.39	22.3
PT2			F1		33.8
PT3			F3		22.3
PT4			F4		26.8
PT5	Contorno de hueco	NO	F1	0.17	126.6
PT6			F2		344.8
PT7			F3		120.8
PT8			F4		98.6
PT9	Encuentro de fachada con forjado		F1	1.31	114.7
PT10			F2		120.9
PT11			F3		53.3
PT12			F4		49.4
PT13	Pilar en Esquina		F1	0.54	18.9
PT14			F2		18.9
PT15			F3		18.9
PT16			F4		18.9
PT17	Pilar Integrado en fachada		F1	1.05	122.8
PT18			F2		132.3
PT19			F3		66.2
PT20			F4		56.7

Tabla 6 Tabla con las características de los puentes térmicos.

6.2.2 INSTALACIONES**6.2.2.1 EQUIPO DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN**

Código	Tipo Generador	Combustible	Antigüedad	% Demanda cubierta	Rendimiento nominal [%]
BC_1.1	Bomba de Calor – Caudal Variable	Electricidad	>10 años	20	150
BC_1.2				20	
BC_2.1				20	
BC_2.2				20	
BC_3			< 5 años	20	

Tabla 7 Características equipos de calefacción y refrigeración

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

6.2.2.2 EQUIPOS DE ILUMINACIÓN

A continuación se especifican los datos del equipo de iluminación requeridos por el programa. La potencia instalada es la suma de todos los equipos de iluminación instalados (ver *Anexo VII*).

Código	Potencia Instalada [W]	Iluminancia media horizontal [lux]	Actividad	Control iluminación	% Control
Iluminación_Vestibulo	23174	500	Administrativo en general	SI	100

Tabla 8 Características del equipo de iluminación

6.2.2.3 EQUIPOS DE AIRE PRIMARIO

En la tabla siguiente se especifica el dato que requiere el CE³X para los equipos de aire primario. Este es un dato estimado proporcionado por el *SOMT*.

Código	Potencia Instalada [m ³ /h]
Aire primario	1500

Tabla 9 Datos del equipo de aire primario

6.2.2.4 EQUIPOS DE VENTILACIÓN

Cabe notar que la única diferencia entre los equipos de invierno y de verano son las horas de demanda. Se observa que el equipo de ventilación trabaja más horas en el segundo semestre del año que en el primero. Este hecho es debido a que la instalación de clima está dimensionada para calefacción en el peor de los casos. Es por eso que, trabajando las mismas horas, la instalación tiene un mayor rendimiento en invierno que en verano.

Código	Tipo Ventilador	Servicio	Potencia eléctrica [kW]	Horas de demanda	Funciona sin demanda
Fancoils Invierno	Caudal constante	Calefacción	1	820	NO
Fancoils Verano	Caudal constante	Refrigeración	1	824	NO

Tabla 10 Datos de los equipos de ventilación

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizaci3n del edificio de la Biblioteca BCT mediante m3todos simplificados.

6.2.2.5 EQUIPOS DE BOMBEO

Igual que en el caso anterior se ha hecho la diferenciaci3n entre invierno y verano, aunque realmente solo haya un equipo de bombeo para todo el edificio.

C3digo	Tipo Ventilador	Servicio	Potencia el3ctrica [kW]	Horas de demanda	Funciona sin demanda
Bombas Invierno	Caudal constante	Calefacci3n	13.8	820	NO
Bombas Verano	Caudal constante	Refrigeraci3n	13.8	824	NO

Tabla 11 Datos de los equipos de bombeo

6.3 CALIFICACI3N OBTENIDA

Una vez introducidos los datos el programa proporciona una calificaci3n para el edificio:

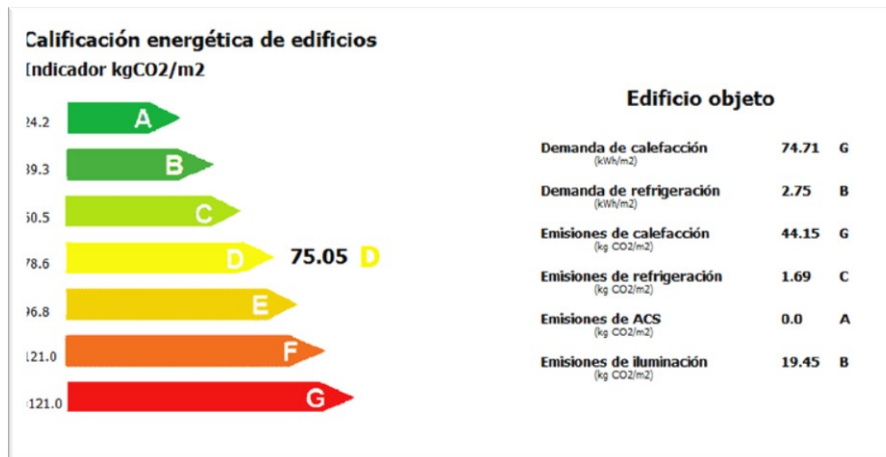


Figura 12 Calificaci3n B3sica proporcionada por el CE3X

La calificaci3n obtenida es de D ($301.83 \text{ [kW} \cdot \text{h/m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{a}^4]$). Se puede observar como el elemento que m3s perjudica al edificio es la calefacci3n. Se puede ver con m3s detalle en el informe que genera el programa y que est3 presente en el *Anexo I*.

7 CERTIFICACI3N EXHAUSTIVA

7.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

El 3nico aspecto diferente en la metodolog3a empleada para la obtenci3n de la certificaci3n b3sica es que las propiedades t3rmicas se establecen "por defecto" (datos del programa seg3n edificio normativa vigente) en todos los casos menos

⁴ Anexo [I]

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

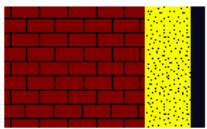
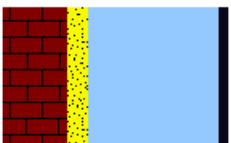
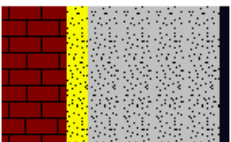
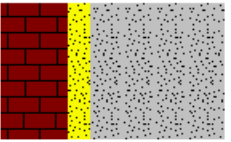
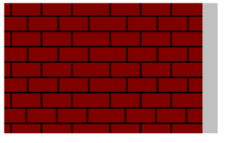
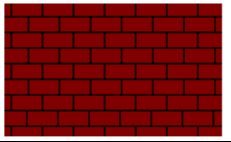
en las particiones interiores, que se introduce el dato de conductividad térmica de manera directa ya que es conocido.

7.2 ENVOLVENTE TÉRMICA

7.2.1 MATERIALES

A diferencia de la certificación básica, en la certificación exhaustiva se deben especificar y describir los diferentes materiales que constituyen las fachadas. Esto se debe a que en la certificación exhaustiva se pretende obtener una calificación energética basada en datos conocidos (en la medida de lo posible).

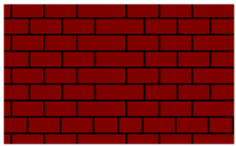
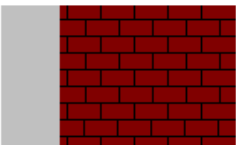
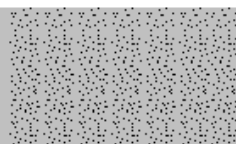
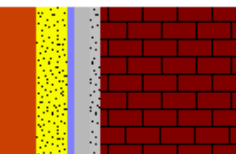
Los diferentes materiales constituyentes de los elementos de envolvente térmica son:

Código	Descripción	Imagen asociada ⁵
L	Cerramiento de ladrillo cerámico perforado de 15 cm de espesor, 5 cm de poliestireno expandido y cerramiento interior formado por tabiques de Pladur de 1,3 cm, con acabado vinílico	
L-CA	Cerramiento de ladrillo cerámico perforado de 15 cm de espesor, 5 cm de poliestireno expandido, cámara de aire de 30 cm y cerramiento interior formado por tabiques de Pladur de 1,3 cm, con acabado vinílico	
L-PP	Cerramiento de ladrillo cerámico perforado de 15 cm de espesor, 5 cm de poliestireno expandido, pilar de hormigón armado y cerramiento interior formado por tabiques de Pladur de 1,3 cm con acabado vinílico	
L-P	Cerramiento de ladrillo cerámico perforado de 15 cm de espesor, 5 cm de poliestireno expandido y pilar de hormigón armado	
L-C	Cerramiento de doble hilera de ladrillo perforado y remate de plancha metálica	
L-J	Jambas formadas por una hilera de ladrillo perforado	

⁵ De izquierda a derecha están ordenados de exterior a interior (Verticales) y de arriba abajo (horizontales).

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

F-C	Revestimiento cerámico del canto de forjado	
F-M	Revestimiento del canto de forjado mediante una plancha de aluminio	
P	Pilar de hormigón armado protegido por plancha de aluminio lacado	
Cubierta Superior	Cubierta plana no transitable formada por forjado reticular de H.A., hormigón celular para formación de pendientes, capa de 3 cm de mortero, lámina de PVC, 6 cm de poliestireno extruido, lámina de polipropileno y 7 cm de canto rodado	

7.2.2 CUBIERTAS Y SUELOS

El edificio *BCT* solo posee una cubierta que se ha definido como cubierta superior plana y cuya conductividad térmica la ha obtenido el programa como un valor por defecto, tal y como expresa la tabla siguiente.

Código	Tipo de cerramiento	Superficie [m ²]	Transmitancia térmica [W/m ² ·K]	Material
Cubierta Superior	Cubierta superior plana	801,55	1,20	Cubierta Superior
Suelo Enterrado	Suelo en contacto con el terreno	112.5	0.85	Estimado

Tabla 12 Propiedades de la cubierta.

7.2.2.1 MUROS DE FACHADA

En el caso de la certificación exhaustiva el edificio se ha dividido en 29 fachadas: 8 orientadas al norte, 7 orientadas al sur, 7 orientadas al oeste y 7 al este.

La tabla siguiente muestra las características de cada una de estas fachadas.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizaci3n del edificio de la Biblioteca BCT mediante m3todos simplificados.

C3digo	Superficie [m2]	Material	Huecos y lucernarios asociados	Orientaci3n
F1_F-C	31,18	F-C	NO	Norte
F1_L	58,98	L	SI	Norte
F1_L-C	43,97	L-C	NO	Norte
F1_L-CA	125,58	L-CA	SI	Norte
F1_L-J	17,66	L-J	NO	Norte
F1_L-P	10,08	L-P	NO	Norte
F1_L-PP	19,21	L-PP	NO	Norte
F1_P	12,18	P	NO	Norte
F2_F-C	3,47	F-C	NO	Sur
F2_F-M	18,64	F-M	NO	Sur
F2_L-C	42,9	L-C	NO	Sur
F2_L-CA	236,39	L-CA	SI	Sur
F2_L-J	0,95	L-J	NO	Sur
F2_L-P	7,12	L-P	NO	Sur
F2_L-PP	9,54	L-PP	NO	Sur
F3_F-C	17,39	F-C	NO	Oeste
F3_L	5,41	L	NO	Oeste
F3_L-C	19,03	L-C	NO	Oeste
F3_L-CA	91,46	L-CA	SI	Oeste
F3_L-J	8,75	L-J	NO	Oeste
F3_L-P	6,64	L-P	NO	Oeste
F3_L-PP	11,45	L-PP	NO	Oeste
F4_F-C	12,8	F-C	SI	Este
F4_L	11,53	L	NO	Este
F4_L-C	18,4	L-C	SI	Este
F4_L-CA	106,17	L-CA	SI	Este
F4_L-J	2,66	L-J	NO	Este
F4_L-PP	9,72	L-PP	NO	Este
F4_P	4,86	P	NO	Este

Tabla 13 Características de los muros de fachada. Certificaci3n B3sica.
7.2.2.2 HUECOS Y LUCERNARIOS

Los huecos definidos en la certificaci3n exhaustiva son, a efectos de resultados, los mismos que en la certificaci3n b3sica. Aunque variaran la manera en la que se distribuyen sobre las diferentes fachadas, el global acabar3 dando los mismos datos (y orientaciones) que en el apartado 6.2.1.2.

7.2.2.3 PARTICIONES INTERIORES

En la certificaci3n exhaustiva se han tenido en cuenta las mismas consideraciones para las particiones interiores que en la certificaci3n b3sica

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

excepto que, las propiedades térmicas son conocidas. Por tanto en la certificación exhaustiva las particiones interiores se describen como sigue:

Código	Superficie [m ²]	Posición	Propiedades térmicas	Conductividad térmica [W/m ² ·K]
F3_Pared-Locales	47.25	Vertical	Conocidas	2.20
CubiertaInferior Locales	580.86	Horizontal. Contacto Inferior	Conocidas	2.20

Tabla 14 Características de las particiones interiores. Certificación Exhaustiva

7.2.2.4 PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos y sus cerramientos asociados en la certificación exhaustiva son, a efectos de resultados, los mismos que en la certificación básica. Aunque variarán la manera en la que se distribuyen sobre las diferentes fachadas, el global acabará dando los mismos datos que en el apartado 6.2.1.4.

7.2.3 INSTALACIONES

Las instalaciones, así como sus características, empleadas para la obtención de la calificación exhaustiva son las mismas que en la certificación básica. Por tanto, si se requiere una nueva consulta, acudir al capítulo 7.2.2 y todos los subcapítulos asociados a éste.

7.3 CALIFICACIÓN OBTENIDA

Una vez introducidos los datos el programa proporciona una calificación para el edificio:

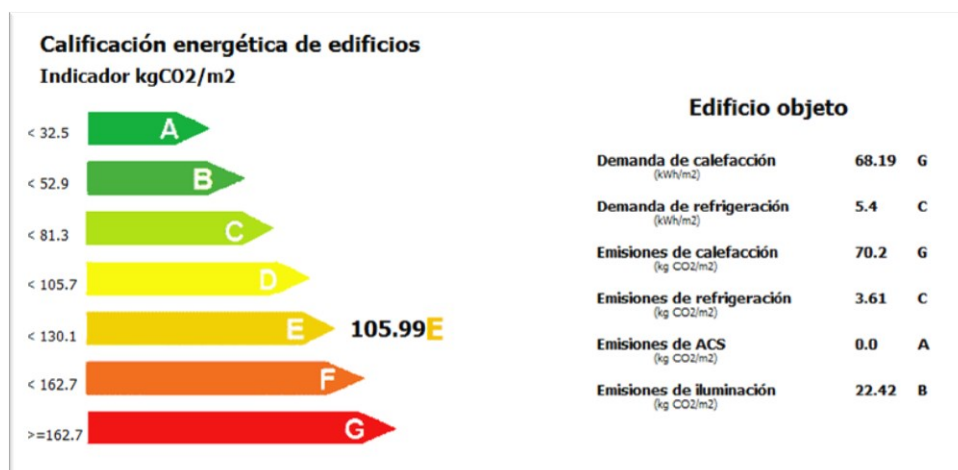


Figura 13 Calificación Exhaustiva proporcionada por el CE³X

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

La calificación obtenida es de E ($426.25 \text{ [kW}\cdot\text{h/m}^2\cdot\text{año]}^6$). Se puede observar como el elemento que más perjudica al edificio es la calefacción. Se puede ver con más detalle en el informe que genera el programa y que está presente en el *Anexo II*.

8 CERTIFICACIÓN MONITORIZADA

8.1 INTERPRETACIÓN Y TRATADO DE DATOS

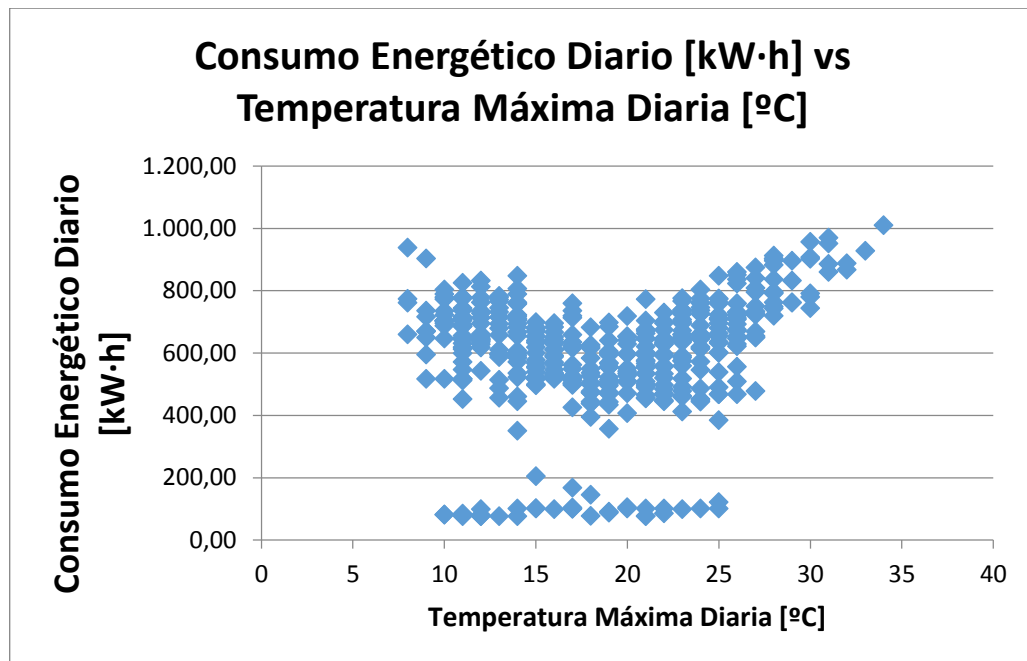


Gráfico 2 Dispersión del consumo de energía frente a la temperatura exterior.

En el gráfico anterior se intuye una dispersión de puntos que tiene una tendencia a subir cuando las temperaturas bajan de 15°C o suben de 21°C . No obstante hay una serie de puntos que hacen que esta tendencia no sea del todo justificable:

⁶ Anexo [II]

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizaci3n del edificio de la Biblioteca BCT mediante m3todos simplificados.

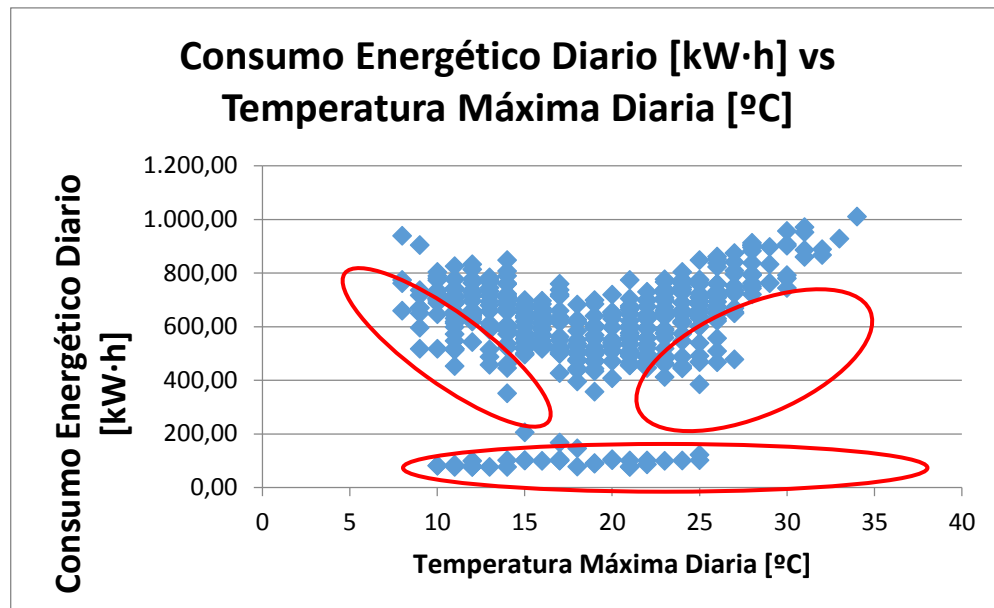


Gráfico 3 Marcas de distorsión sobre el **Gráfico 1**

Se hace la hipótesis de que estas distorsiones pueden ser debidas a que durante los meses de julio agosto y mitad de septiembre, el funcionamiento del edificio no es representativo del funcionamiento normal. Es por eso, que se eliminan estos meses y se obtiene el siguiente gráfico:

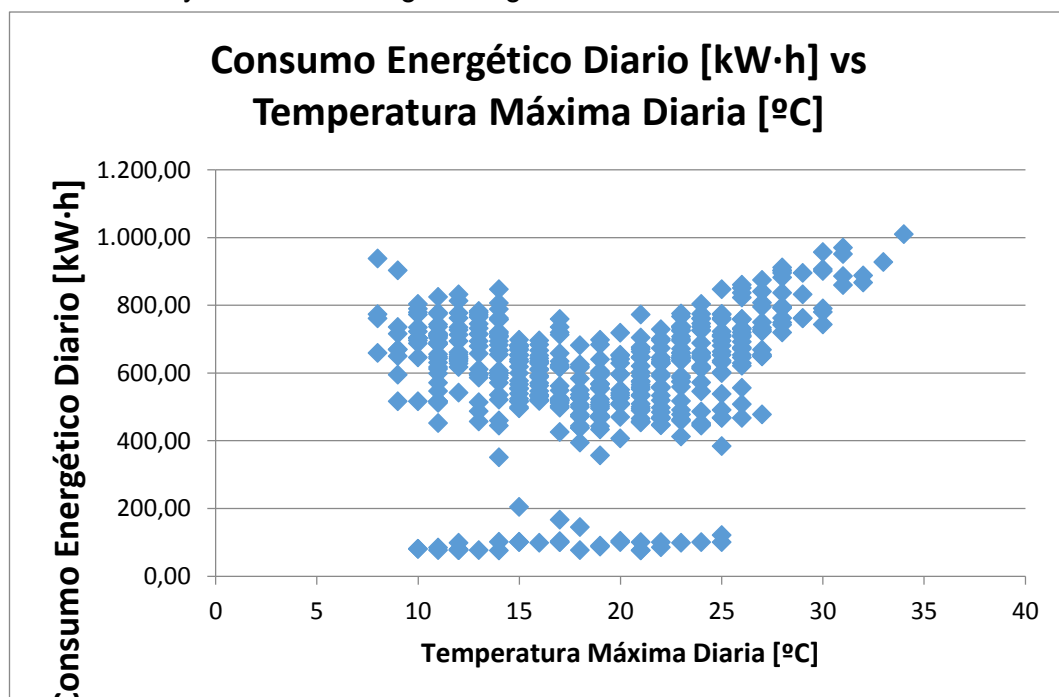


Gráfico 4 Dispersión obtenida después de aplicar hipótesis de distorsión

Como se observa en el gráfico anterior la tendencia, después de aplicar la hipótesis que define los elementos de distorsión, es claramente la esperada: de mayor consumo cuando las temperaturas son extremas. No obstante aún siguen

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

quedando puntos parásitos. Estos puntos se intuye que son paros del sistema de recopilación de datos o días festivos (o previos a festivo) que no se han tenido en cuenta.

8.2 DESGLOSE DE OPORTACIONES

8.2.1 ELECTRICIDAD

La siguiente tabla muestra las aportaciones de la electricidad al consumo energético total del edificio.

Año	Mes	Suma de PROMEDIO ELEC [kW·h]	Suma de ELEC [kW·h]
2012	5	12011,75	11922,22
	6	10967,25	11217,66
	9	5222,50	5427,13
	10	12011,75	11599,06
	11	11489,50	10598,06
	12	10967,25	9020,75
Total 2012		62670,00	59784,88
2013	1	12011,75	11670,38
	2	10445,00	10584,19
	3	10967,25	9939,36
	4	11489,50	10438,77
	5	12011,75	10828,11
	6	10445,00	9918,56
	9	5744,75	5744,75
	10	12011,75	12169,75
	11	10967,25	10379,72
	12	11489,50	9256,03
Total 2013		107583,50	100929,61
2014	1	12011,75	11431,93
	2	10445,00	10957,44
	3	10967,25	13274,81
	4	11489,50	9277,53
	5	11489,50	11712,55
	6	10967,25	10323,14
	9	5744,75	5979,94
Total 2014		73115,00	72957,34
Total general		243368,50	233671,83

Tabla 15 Comparativa entre Valor Promedio de Iluminación vs Valor Real

A partir de esta tabla, se obtiene el siguiente gráfico dónde se representan ambos consumos así como diferencia (en valor promedio) entre el consumo supuesto y el real.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

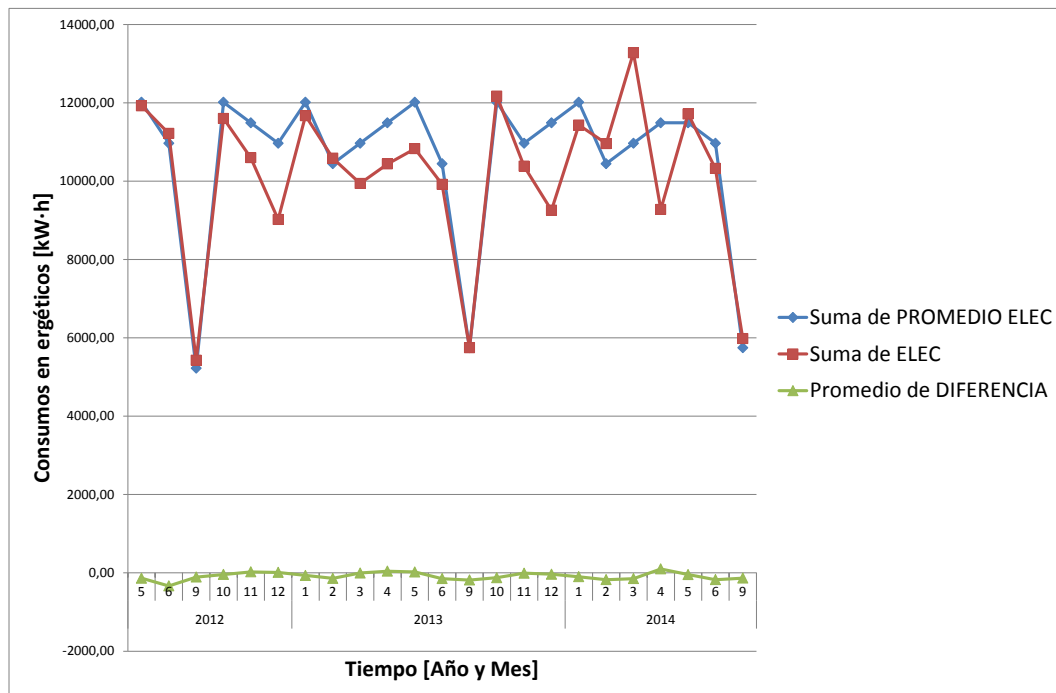


Gráfico 5 Diferencia entre la suma o el promedio de las aportaciones de los equipos de iluminación.

Se observa como el valor que se ha tomado como válido es, en total y casi siempre, superior al total de los datos proporcionados por el sistema. No obstante se puede ver también como la diferencia global promedio entre estos valores es, cada mes, muy cercana a cero. Por tanto se asimila como válida la hipótesis de que la aportación eléctrica es constante siempre que funciona la *Biblioteca del Campus de Terrassa*. Esta aportación será la que muestra la tabla siguiente:

AÑO	MES	Aportación [kW·h]
2012	5	12011,75
	6	10967,25
	9	5222,50
	10	12011,75
	11	11489,50
	12	10967,25
Total 2012		62670,00
2013	1	12011,75
	2	10445,00
	3	10967,25
	4	11489,50
	5	12011,75
	6	10445,00
	9	5744,75
	10	12011,75
	11	10967,25

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

	12	11489,50
Total 2013		107583,50
2014	1	12011,75
	2	10445,00
	3	10967,25
	4	11489,50
	5	11489,50
	6	10967,25
	9	5744,75
Total 2014		73115,00
Total general		243368,50

Tabla 16 Aportación mensual de los equipos de iluminación (datos Sirena)

La aportación anual de electricidad al consumo global la obtendremos haciendo un promedio del total entre los meses en los que se ha medido dicho consumo. Asimismo se divide este resultado entre la superficie total del edificio, para después poder compararlo con los resultados de las certificaciones mediante métodos simplificados (1 año de 12 meses):

AÑO	Consumo [kW·h]	Tiempo de muestreo [meses]	Aportación mensual [kW·h/mes]
2012	59784,88	7,5	-
2013	100929,61	12	
2014	72957,34	6,5	
Totales	233671,83	14	16690,85
Superficie [m²]		1617,23	
Aportación mensual [kW·h/mes·m²]		10,32	
Aportación Anual [kW·h/año·m²]		123,85	

Tabla 17 Aportación de los equipos de iluminación (previa al consumo). Monitorizada

8.2.2 CLIMA

Se desglosa en este apartado las aportaciones al consumo de los sistemas de calefacción y refrigeración. A continuación se presenta la tabla con la aportación energética de ambos sistemas al consumo total del edificio (obtenidos según las hipótesis explicadas en el capítulo 5.2 de este documento).

Año	Mes	Aportación Refrigeración [kW·h]	Aportación Calefacción [kW·h]
2012	5	3229,63	0,00
	6	6764,75	0,00
	9	878,06	0,00
	10	1330,00	13,25
	11	0,00	356,75

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

	12	0,00	1684,88
Total 2012		12202,44	2054,88
2013	1	0,00	1859,94
	2	0,00	2671,65
	3	0,00	1115,01
	4	75,38	23,80
	5	639,79	0,00
	6	3464,69	0,00
	9	2004,79	0,00
	10	2652,08	0,00
	11	101,81	656,11
	12	0,00	2977,23
Total 2013		8938,54	9303,74
2014	1	0,00	2853,92
	2	0,00	2972,98
	3	33,69	769,20
	4	0,00	0,00
	5	717,89	0,00
	6	4302,34	0,00
	9	1241,61	0,00
Total 2014		6295,53	6596,11
Total general		27436,51	17954,73

Tabla 18 Aportaciones mensuales de calefacción y refrigeración

A partir de esta tabla se puede representar el consumo total debido a calefacción y refrigeración en función del tiempo.

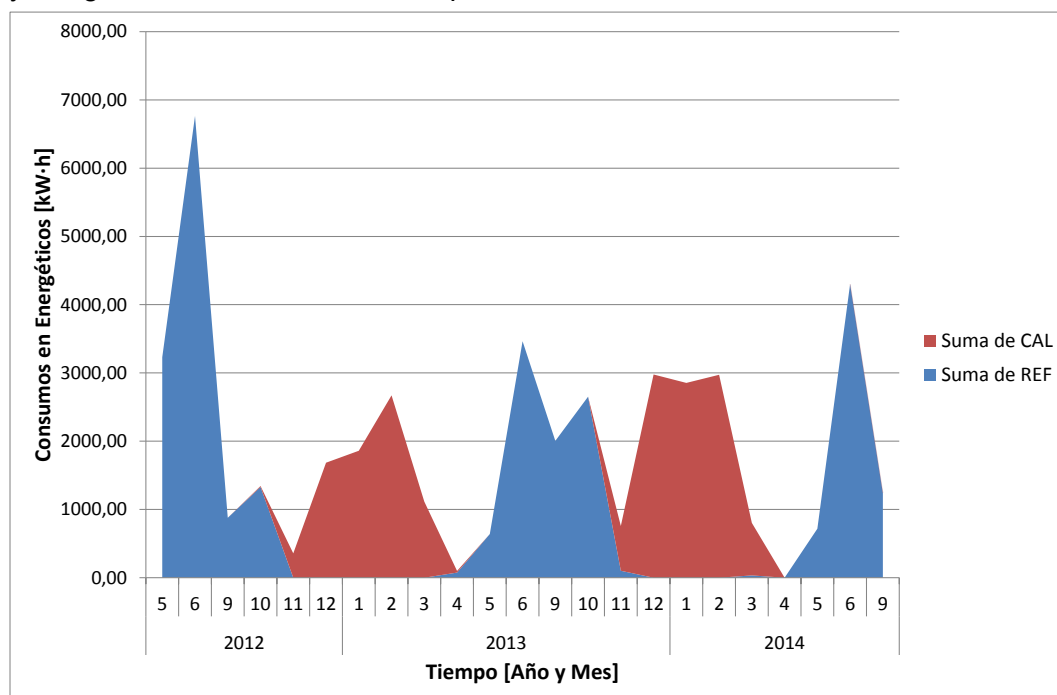
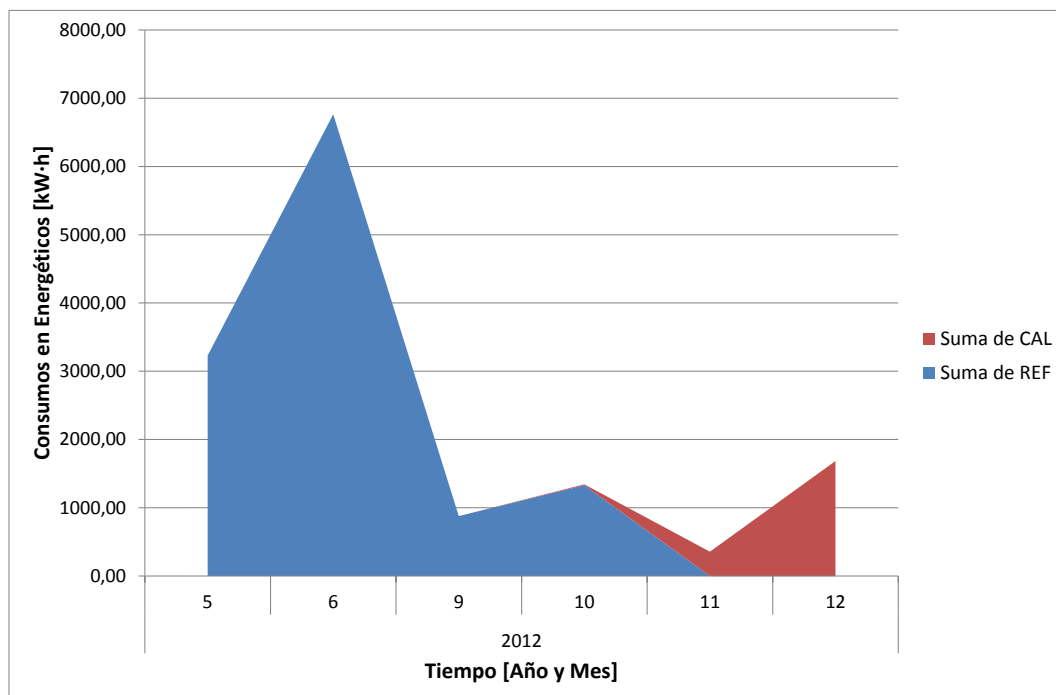
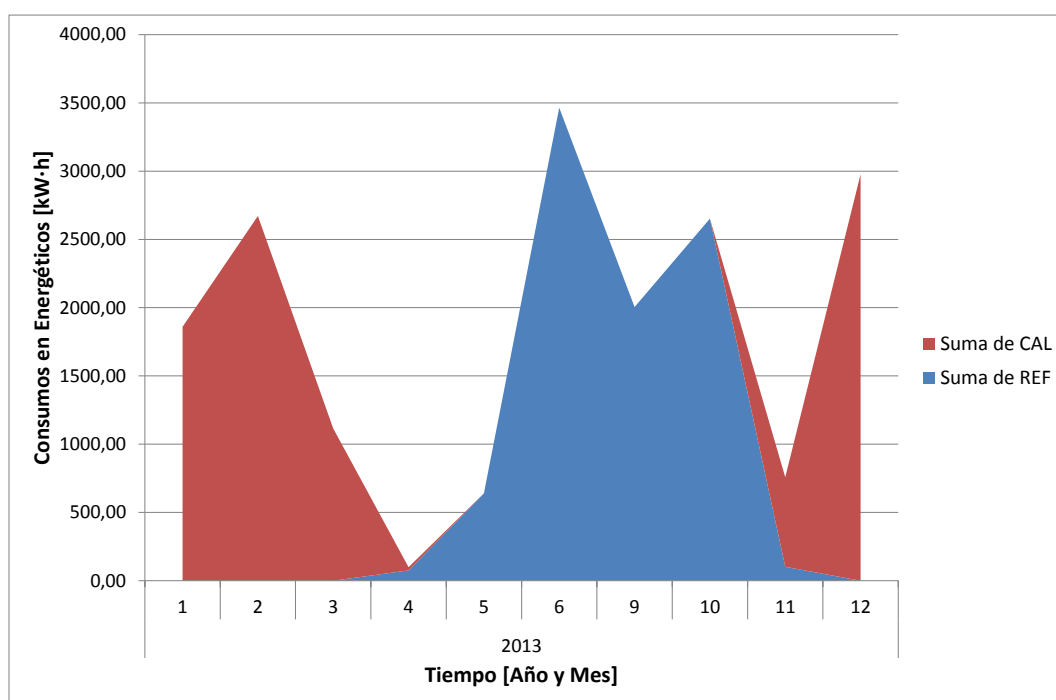


Gráfico 6 Consumo mensual de calefacción y refrigeración

A continuación se representan para cada uno de los años:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.**Tabla 19 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. 2012****Gráfico 7 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. 2013**

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

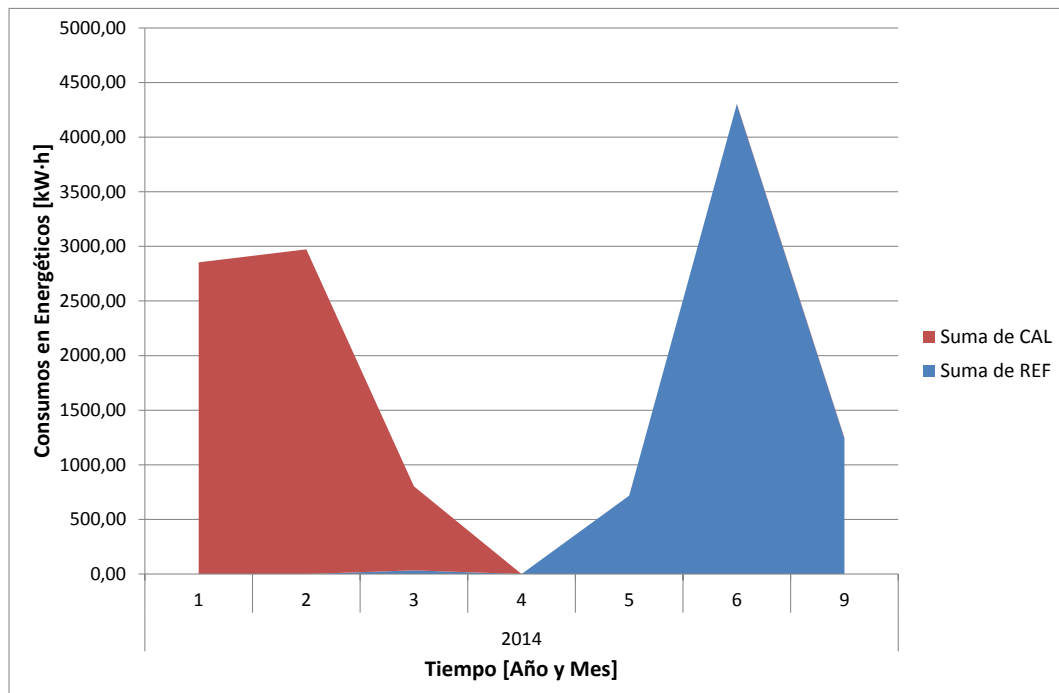


Gráfico 8 Consumo mensual de calefacción y refrigeración. Año 2014

Por último, se representan las aportaciones totales anuales:

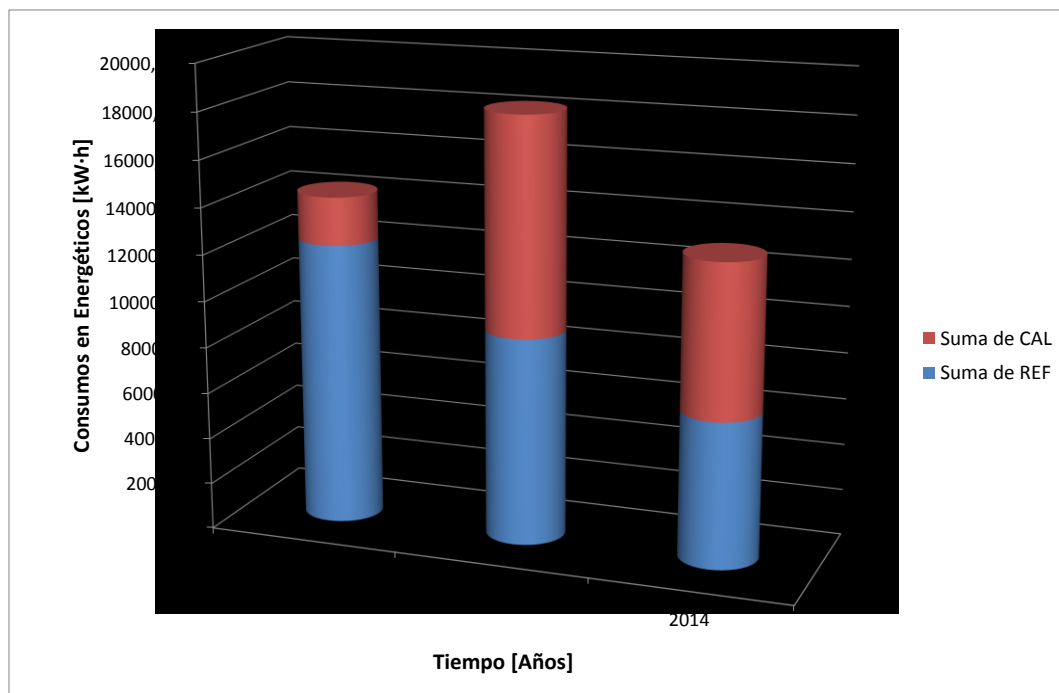


Gráfico 9 Consumo total anual de calefacción y refrigeración

De los gráficos anteriores se puede extraer que el consumo energético debido a la calefacción y a la refrigeración del BCT están bastante equilibrados. No obstante, el año 2012 presenta un comportamiento claramente distinto a los otros dos periodos.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Como se observa el consumo debido a la calefacción es extremadamente bajo y el consumo debido a la refrigeración es extremadamente alto (respecto a los otros dos periodos analizados así como entre ellos). Esto se debe a que, junio de 2012 fue un mes previsiblemente caluroso ya que su consumo de energía para refrigeración se dispara con respecto a los dos otros años (ver *Gráfico 6*). Asimismo cabe notar que los datos de 2012 no tienen en cuenta el primer cuatrimestre de dicho año (empiezan a tomarse en el mes de mayo), por lo que los meses donde previsiblemente se necesitará más calefacción no aparecen en el total.

A pesar de todo, esta diferencia no afecta al resultado final puesto que (tal y como se explica en el *capítulo 5.2* de este documento, el consumo total anual se obtendrá a partir de un promedio del consumo diario para cada una de las aportaciones.

En la siguiente tabla se muestra la aportación al consumo energético por unidad de superficie anual.

Año	Mes	Aportación Refrigeración [kW·h]	Aportación Calefacción [kW·h]	Días de aportación Refrigeración	Días de aportación Calefacción
2012		12202,44	2054,88	51	15
2013		8938,54	9303,74	55	58
2014		6295,53	6596,11	30	31
Totales		27436,51	17954,73	136	104
Aportación Promedio Diaria Refrigeración [[kW·h/día]		201,74			
Aportación Promedio Diaria Calefacción [[kW·h/día]		172,64			
Aportación Promedio Diaria Refrigeración [[kW·h/año]		73634,75			
Aportación Promedio Anual Calefacción [[kW·h/año]		63014,18			
Superficie [m ²]		1617,23			
Aportación Promedio Global Refrigeración [[kW·h/año· m ²]		45,53			
Aportación Promedio Global Calefacción [[kW·h/año· m ²]		38,96			

Tabla 20 Aportaciones de Calefacción y Refrigeración previas al consumo. Monitorizada

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

8.3 APORTACIONES EN VALORES DE ENERGIA PRIMARIA

Para convertir la energía aportada por la base de datos SIRENA a energía primaria se siguen los pasos explicados en el apartado correspondiente de metodología.

Equipo	COP Calef %	COP Ref%	COP Calef Medio%	COP Ref medio Anual%
BC_1.1	150	150	116,3	104,3
BC_1.2	150	150	116,3	104,3
BC_2.1	150	150	116,3	104,3
BC_2.2	150	150	116,3	104,3
BC_3	150	150	129,2	128,7
		Promedio	118,88	109,18

Tabla 21 COP de los equipos de calefacción y refrigeración

Sabiendo que el sirena proporciona los datos de potencia suministrada a los equipos para cubrir la demanda y que se quieren los datos de potencia total suministrada por los equipos (útil+pérdidas); se obtiene

Equipo	Aportación Promedio Anual Suministrada [kW·h/año· m2]	COP %	Aportación Promedio Anual Energía Secundaria [kW·h/año· m2]
Calefacción	45,53	118,88	54,13
Refrigeración	38,96	109,18	42,54

Tabla 22 Aportaciones de energía secundaria Calefacción/Refrigeración. Monitorizada

Además, para los equipos de iluminación se consideran que las pérdidas son despreciables. Por tanto, el desglose final de aportaciones en términos de energía secundaria queda:

Instalaciones	Aportación Promedio Anual Energía Secundaria [kW·h/año· m2]
Iluminación	123,85
Calefacción	54,13
Refrigeración	42,54
TOTAL	220,51

Tabla 23 Aportaciones de energía secundaria. Monitorizada

Aplicando los factores de conversión a energía primaria: [Fuente [11]]

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Instalaciones	Aportación Promedio Anual Energía Secundaria [kW·h/año· m2]	Factor conversión [tep ⁷ energía primaria/kW·h energía secundaria]	Aportación Promedio Anual Energía Primaria [kW·h/año· m2]
Iluminación	123,85	$0,224 \cdot 10^{-3}$	321,81
Calefacción	54,13	$0,224 \cdot 10^{-3}$	110,53
Refrigeración	42,54	$0,224 \cdot 10^{-3}$	140,64
TOTAL	220,51	$0,224 \cdot 10^{-3}$	572,98

Tabla 24 Aportaciones de energía primaria. Monitorizada

8.4 CALIFICACIÓN OBTENIDA

Si la tabla de rangos está definida por:

Calificación	Energía Primaria Consumida mínima [kW·h/año· m2]	Energía Primaria Consumida máxima [kW·h/año· m2]
A		115,2
B	115,2	187,25
C	187,25	288,05
D	288,05	374,45
E	374,45	460,85
F	460,85	576,05
G	576,05	

Tabla 25 Rangos de calificación energética

La calificación obtenida según el análisis de datos monitorizados es:
CALIFICACIÓN F

9 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo se divide en dos tipos de comparativas:

- Diferencias o similitudes en la calificación obtenida.
- La **comparación** de las **hipótesis** admitidas en cada una de las certificaciones
- La **comparación económica y temporal** de cada una de las certificaciones.

9.1 COMPARACIÓN DE LAS CALIFICACIONES OBTENIDAS

La tabla siguiente muestra las calificaciones obtenidas a partir de los tres métodos empleados:

⁷ 1 tep=1,16·10⁴ kWh

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

Método	Consumo de energía primaria [kW·h/año·m ²]	Calificación
CE3X Básica	301.25	D
CE3X Exhaustiva	426.25	E
Datos Monitorizados	572,98	F

Tabla 26 Calificaciones obtenidas en cada uno de los certificados

A priori no se observa ninguna similitud entre las diferentes certificaciones. No obstante, sí que se observa una tendencia a incrementar el consumo a medida que hay más datos reales interviniendo en la calificación.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizaci3n del edificio de la Biblioteca BCT mediante m3todos simplificados.

9.2 SEGÚN LA COMPARACI3N DE LAS HIP3TESIS

La siguiente tabla muestra el n3mero de hip3tesis admitidas en cada una de las certificaciones. Asimismo tambi3n muestra el peso que determina el riesgo que supone para la fiabilidad de los resultados asumir estas hip3tesis (de 4 a 1 y de mayor a menor riesgo):

Hip3tesis	CE3x B3sica	CE3x Exhaustiva	Monitorizada	Peso
Datos constructivos por defecto los peores posibles dentro de la ley vigente.	X	-	-	3
Ignorar patr3n de sombras.	X	X	-	1
Errores asumibles de interpolaci3n en las comparaciones con edificios modelo.	X	X	-	3
Errores asumibles de interpolaci3n a la hora de obtener consumos	X	X	-	2
Errores asumibles a la hora de tratar los datos a introducir	X	X	X	1
Errores asumibles a la hora de obtener la demanda de los equipos	X	X	X	3
Fallos en el sistema de monitorizaci3n despreciables	-	-	X	2
Consumo de electricidad constante	-	-	X	3
PESO TOTAL	13	10	9	

Tabla 27 Comparativa de hip3tesis y riesgos asociados para cada certificaci3n

Se observa en la tabla anterior como la certificaci3n m3s fiable seg3n esta comparativa es la *certificaci3n a partir de datos monitorizados*, seguida de *certificaci3n con CE3X exhaustiva* y, teniendo por menos fiable, la *certificaci3n CE3X b3sica*.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelització del edifici de la Biblioteca BCT mitjançant mètodes simplificats.

9.3 COMPARACIÓN ECONÓMICA Y TEMPORAL

La siguiente tabla muestra el tiempo total que se tardaría en realizar cada una de las certificaciones.

	CE3X Básica	CE3X Exhaustiva	Datos monitorizados
Búsqueda y obtención de datos	4 h	5 h	1 h
Validación y tratado de datos	2 h	2 h	3 h
Introducción de datos	2 h	3 h	0 h
Obtención de la calificación	1 h	1 h	2 h
Redactado de informe oficial	0 h	0 h	1 h

Tabla 28 Desglose del tiempo de realización de las certificaciones

La tabla siguiente muestra la comparativa económica a partir de las horas empleadas.

Certificación	Horas	Coste unitario [€/h]	Total
CE3X Básica	9	30	270 €
CE3X Exhaustiva	11	30	330 €
Datos Monitorizados	7	30	210€

Tabla 29 Comparativa de las certificaciones según costes.

De esta comparativa se extrae que la certificación más barata (y por consiguiente, la más rápida) es la *certificación a partir de datos monitorizados*, seguida de la *certificación con CE3X Básica* y de la *certificación con CE3X Exhaustiva*.

10 PROPUESTAS PARA TRABAJOS FUTUROS

Se ha propuesto un solo trabajo futuro que se podría efectuar en diferentes fases y por diferentes personas o grupos, tal y como se especifica en el *capítulo 11.1*

10.1 SOFTWARE PARA LA CERTIFICACIÓN MEDIANTE DATOS MONITORIZADOS (DISEÑO, DESARROLLO Y OFICIALIZACIÓN)

10.1.1 INTRODUCCIÓN

La propuesta de trabajo futuro que se hace a continuación es de envergadura tal que se podrían extraer hasta tres trabajos distintos de la misma:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- Diseño y programación de un software que permita obtener una calificación energética de los edificios a partir de sus datos monitorizados y de manera automática.
- Comprobación del funcionamiento del software: Obtener la calificación energética de 50 edificios previamente certificados mediante el método CALENER, para después compararlas.
- Elaboración de los procedimientos y documentos necesarios para la validación y oficialización de este software.

Aun estar claramente diferenciados, se considera necesario incluirlos todos en un proyecto global ya que los tres trabajos descritos anteriormente se complementan y potencian entre sí.

Cada una de ellos puede ser realizada en diferentes fases y por diferentes personas o grupos. No obstante se recomienda la realización conjunta (al menos de las dos primeras) con un equipo de trabajo de 5 personas como máximo.

Se expone en este capítulo el aspecto de gestión de tiempo y recursos para la realización de este trabajo. Para ello:

- Se definen las tareas a realizar mediante una estructura de descomposición del trabajo (EDT o WBS).
- Se definen las relaciones de precedencia entre las tareas últimas en la descomposición anterior
- Se estima una duración para cada una de las tareas últimas (o entregables) en la estructura anterior.
- Se asignan recursos a cada una de las tareas.
- Se realiza el Gantt del proyecto
- Se obtiene la duración y el coste asociado a la mano de obra que ha intervenido.

Por último, cabe notar que los subcapítulos que siguen son a modo de propuesta. Una vez se abordase la realización del proyecto se debería entrar en detalle y modificar todo aquello que el encargado de realizar el trabajo considerase oportuno.

10.1.2 ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO (EDT)

1. SOFTWARE PARA LA CERTIFICACIÓN MEDIANTE DATOS MONITORIZADOS (DISEÑO, DESARROLLO Y OFICIALIZACIÓN)

1.1. Diseño del software

1.1.1. Definición de los requisitos mínimos e imprescindibles según la

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- legislación vigente
 - 1.1.1.1. Diseño de una interfaz amable para el usuario
 - 1.1.2. Tipos de sistemas de monitorización
 - 1.1.2.1. Definición de aspectos comunes y diferentes
 - 1.1.2.2. Proceso que satisfaga los diferentes tipos
 - 1.1.3. Definir el modo de consulta a la base de datos de monitorización
- 1.2. Programación del software
 - 1.2.1. Algoritmo del programa
 - 1.2.2. Programación de todos los parámetros de la interfaz
 - 1.2.3. Habilitar vínculos con la base de datos monitorizados
 - 1.2.4. Verificar errores y compilar
- 1.3. Comparación de certificados *Software-CALENER*
 - 1.3.1. Búsqueda de 50 edificios
 - 1.3.2. Calificarlos con el *software* desarrollado
 - 1.3.3. Compararlos con la calificación *CALENER*
 - 1.3.3.1. Valoración de resultados
- 1.4. Oficialización
 - 1.4.1. Definir el procedimiento
 - 1.4.2. Elaborar documentos

10.1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

Código Tarea	Tarea	Definición
1.1.1.1.	Diseño de una interfaz amable para el usuario	Diseño de una interfaz que cumpla con los requisitos de la normativa legal vigente y que además sea intuitiva y fácil de utilizar.
1.1.2.1.	Definición de aspectos comunes y diferentes	Definir qué aspectos son comunes y qué aspectos son distintos en los diferentes equipos para la monitorización de datos (Modo de toma de datos, lugar de toma de datos, forma de guardar los datos, control de toma de datos).
1.1.2.2.	Proceso que satisfaga los diferentes tipos	Diseñar un procedimiento que satisfaga el modo de actuar de todos los equipos. Debe ser genérico intentando hacer las menores distinciones posibles.
1.1.3.	Definir el modo de consulta a la base de datos de monitorización	Cómo se va a entrar en la base de datos para cada uno de los equipos y qué datos interesan consultar.
1.2.1.	Algoritmo del programa	Diseñar un algoritmo de ejecución que contemple todas las variables posibles con las que se puede encontrar el programa según los equipos definidos anteriormente
1.2.2.	Programación de todos los parámetros de la interfaz	Programación de las líneas de código general así como de los parámetros de la interfaz diseñada. (Ventanas, Avisos, Ayuda al usuario, Pestañas ,Formularios y Documento de Certificado final)
1.2.3.	Habilitar vínculos con la base de datos monitorizados	Generar rutas para poder consultar las bases de datos de manera rápida y fiable para el cliente

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

1.2.4.	Verificar y compilar	Verificar que no haya errores en las consultas (y si los hay que haya los avisos pertinentes) y compilar el programa.
1.3.1.	Búsqueda de 50 edificios	Buscar 50 edificios que ya estén calificados mediante CALENER y que además monitoricen datos de consumo
1.3.2.	Calificarlos con el software desarrollado	Ejecutar el software para cada uno de los edificios y obtener la calificación.
1.3.3.	Compararlos con la calificación CALENER	Elaborar documentos dónde se comparen ambas certificaciones cualitativa, cuantitativa, temporal y económicamente.
1.4.1.	Definir el procedimiento	Consultar la normativa legal vigente y asimilar el procedimiento que ésta marca.
1.4.2.	Elaborar y tramitar documentos	Elaboración de los documentos necesarios para poder oficializar el software

Tabla 30 Descripción de las tareas del trabajo futuro

10.1.4 TABLA DE PRECEDENCIAS

Código Tarea	Tarea	Precedencias
1.1.1.1.	Diseño de una interfaz amable para el usuario	-
1.1.2.1.	Definición de aspectos comunes y diferentes	-
1.1.2.2.	Proceso que satisfaga los diferentes tipos	1.1.2.1.
1.1.3.	Definir el modo de consulta a la base de datos de monitorización	1.1.2.2.
1.2.1.	Algoritmo del programa	1.1.1.1.
1.2.2.	Programación de todos los parámetros de la interfaz	1.2.1.;1.1.2.2.
1.2.3.	Habilitar vínculos con la base de datos monitorizados	1.2.1.;1.1.2.2.
1.2.4.	Verificar errores y compilar	1.2.2.;1.2.3.
1.3.1.	Búsqueda de 50 edificios	-
1.3.2.	Calificarlos con el software desarrollado	1.2.4.;1.3.1
1.3.3.	Compararlos con la calificación CALENER	1.3.2.
1.4.1.	Definir el procedimiento	-
1.4.2.	Elaborar documentos	1.2.4.;1.4.1.
1.4.3.	Tramitar documentos	1.4.2.

Tabla 31 Relación de precedencia entre las tareas del trabajo futuro

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

10.1.5 DURACIÓN DE LAS TAREAS

Código Tarea	Tarea	Duración
1.1.1.1.	Diseño de una interfaz amable para el usuario	20 horas
1.1.2.1.	Definición de aspectos comunes y diferentes	25 horas
1.1.2.2.	Proceso que satisfaga los diferentes tipos	15 horas
1.1.3.	Definir el modo de consulta a la base de datos de monitorización	20 horas
1.2.1.	Algoritmo del programa	10 horas
1.2.2.	Programación de todos los parámetros de la interfaz	25 horas
1.2.3.	Habilitar vínculos con la base de datos monitorizados	10 horas
1.2.4.	Verificar errores y compilar	5 horas
1.3.1.	Búsqueda de 50 edificios	15 horas
1.3.2.	Calificarlos con el software desarrollado	2 horas
1.3.3.	Compararlos con la calificación CALENER	5 horas
1.4.1.	Definir el procedimiento	2 horas
1.4.2.	Elaborar documentos	10 horas
1.4.3.	Tramitar documentos	2 horas
TOTAL HORAS		166 horas

Tabla 32 Duración de las tareas del trabajo futuro

10.1.6 DIAGRAMA DE GANTT

Elaborado para una sola persona trabajando, con una semana laboral de 25 horas. Se supone el 16/02/2015 la fecha de inicio (principios del cuatrimestre de primavera del curso 2014/2015).

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

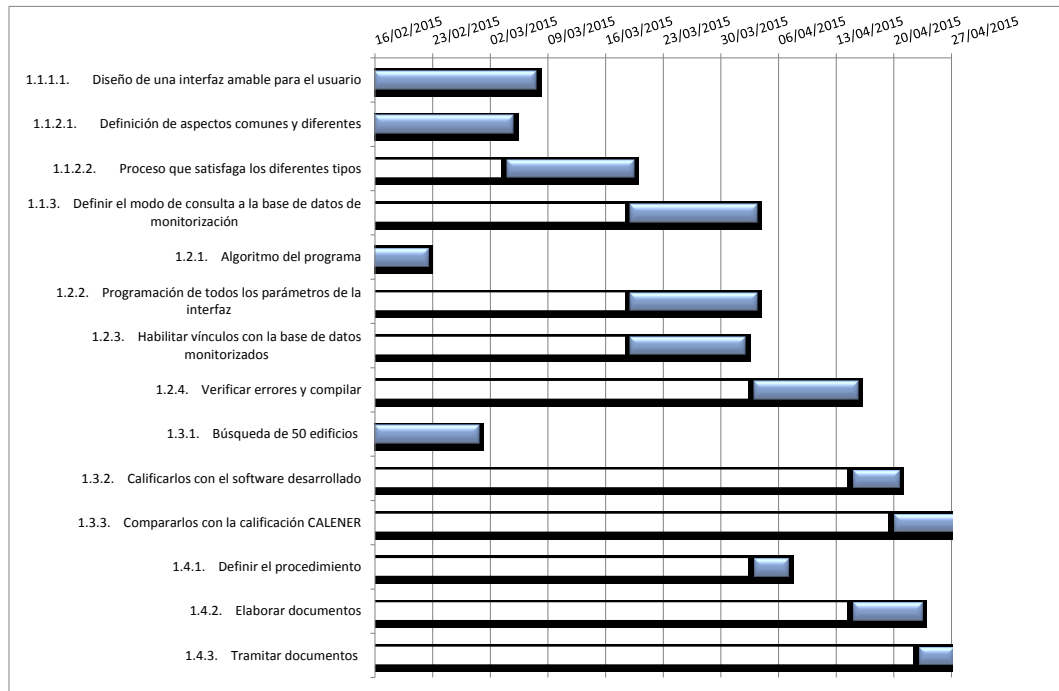


Gráfico 10 Diagrama de Gantt del trabajo futuro propuesto

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.**10.1.7 COSTES DE MANO DE OBRA**

Tarea	Duración (Horas)	Horas / Semana	Semanas	€/hora	Coste
1.1.1.1. Diseño de una interfaz amable para el usuario	70	25	2,8	30	2.100 €
1.1.2.1. Definición de aspectos comunes y diferentes	60	25	2,4	30	1.800 €
1.1.2.2. Proceso que satisfaga los diferentes tipos	55	25	2,2	30	1.650 €
1.1.3. Definir el modo de consulta a la base de datos de monitorización	55	25	2,2	30	1.650 €
1.2.1. Algoritmo del programa	55	25	2,2	30	1.650 €
1.2.2. Programación de todos los parámetros de la interfaz	55	25	2,2	30	1.650 €
1.2.3. Habilitar vínculos con la base de datos monitorizados	50	25	2	30	1.500 €
1.2.4. Verificar errores y compilar	45	25	1,8	30	1.350 €
1.3.1. Búsqueda de 50 edificios	45	25	1,8	30	1.350 €
1.3.2. Calificarlos con el software desarrollado	20	25	0,8	30	600 €
1.3.3. Compararlos con la calificación CALENER	30	25	1,2	30	900 €
1.4.1. Definir el procedimiento	15	25	0,6	30	450 €
1.4.2. Elaborar documentos	30	25	1,2	30	900 €
1.4.3. Tramitar documentos	15	25	0,6	30	450 €
Total	600		24		18.000 €

Tabla 33 Costes asociados a cada tarea del trabajo futuro propuesto

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizació del edifici de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

11 ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

El análisis medioambiental de este trabajo está fuertemente relacionado con la propuesta de la *Certificación mediante datos* monitorizados cómo una vía alternativa fiable para la obtención del certificado energético de los edificios. Con dicha propuesta, se relaciona el trabajo realizado (que es en su totalidad de carácter medioambiental) con lo establecido por la Directiva 2012/27/UE; entre otros aspectos con la afirmación de que “Los Estados miembros deben elaborar programas para fomentar la elaboración de auditorías energéticas”.

Además, el hecho de comparar diferentes metodologías para la obtención del certificado energético ayuda a ser críticos con los procedimientos actuales establecidos para tal fin y así estudiarlos en un futuro y mejorar sus resultados.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, se puede concluir que este trabajo aporta propuestas y aspectos de mejora de los procedimientos de calificación energética de edificios, lo cual es fundamental para situar la cantidad de emisiones de los mismos así como para tomar las medidas pertinentes para reducir dichas emisiones.

12 PRESUPUESTO

El presupuesto de este trabajo contempla las horas de dedicación a dicho trabajo ya que el software empleado es gratuito y no hay gastos de impresión.

El desglose del presupuesto está en el *TOMO III* de este trabajo.

El coste total es de 5.700€, cinco-mil-setecientos euros (IVA no incluido).

13 CONCLUSIONES

Con el objetivo de sacar unas conclusiones claras y relevantes, se centrará la realización de este capítulo en el análisis de la comparación de resultados. Es por ello que se tendrán en cuenta los aspectos comparados respecto a cada uno de los procedimientos empleados: la calificación obtenida, las hipótesis admitidas, así como tiempo empleado y costes en la obtención de la certificación, así como.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

En referencia a la calificación obtenida, se observa como ninguna de las tres es igual. Otro aspecto a destacar es como aumenta la demanda de energía primaria por metro cuadrado y año a medida que disminuyen los valores que se han estimado, alcanzando ésta (la demanda) su valor más alto con la certificación monitorizada –dónde los datos a partir de los cual se ha obtenido son todos datos reales de consumo-.

Respecto a las hipótesis admitidas podemos observar que la calificación que más hipótesis admite es la *certificación CE3X básica*, seguida de la *exhaustiva* y dejando como la menos hipotética a la obtenida a partir de datos de monitorización. Además se observa también que después de ponderar cada una de estas hipótesis según su grado de holgura (respecto a la realidad) la diferencia entre las tres certificaciones se estrecha; no obstante la certificación mediante datos de monitorización sigue siendo la mejor situada.

Por último, en referencia al coste (y tiempo) de cada una de ellas la certificación monitorizada es claramente la más económica debido a que la carga de trabajo de los recursos humanos (el tiempo invertido por dichos recursos para la realización de los certificados) es inferior a las demás.

Se puede afirmar, entonces, que la certificación a partir de datos monitorizados es un método de certificación barato, rápido y da un resultado más próximo a las emisiones reales del edificio –puesto que asume menos hipótesis y además emplea datos medidos en funcionamiento-.

Es por esto por lo que se puede concluir que es necesaria la elaboración de un procedimiento que siga la normativa legal vigente y que permita la oficialización de un método de calificación a partir de datos monitorizados. Asimismo, dicho procedimiento deberá potenciar, también, la certificación a partir de datos de monitorización respecto a la certificación a partir de métodos simplificados.

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelizaci3n del edificio de la Biblioteca BCT mediante m3todos simplificados.

14 BIBLIOGRAFIA

- [1] BOE. (2013).RD 235/2013 Certificaci3n Energ3tica.

- [2] Calificaci3n de edificios alternativos:
http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci3n%20energetica.%20Viviendas/Guia-8_Condiciones_Alternativos.pdf

- [3] Carbon Trust. Closing the gap. [En l3nea]
Disponible: <http://www.carbontrust.com/media/81361/ctg047-closing-the-gap-low-carbon-building-design.pdf>

- [4] Cat3logo de elementos constructivos del CTE.
Redacci3n: Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcci3n con la colaboraci3n de CEPCO y AICIA. Marzo 2010.

- [5] Condiciones de aceptaci3n de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER. Anexos. (p3gina 49). Ed. IDAE. Madrid, mayo 2009.

- [6] DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energ3tica de los edificios.

- [7] EADIC. Curso de calificaci3n energ3tica de edificios: LIDER y CALENER VyP. Tema 1:00 la certificaci3n energ3tica de edificios y su normativa. [En l3nea] Disponible: http://www.eadic-innova.com/eficiencia/source/tema1_eadic.pdf

- [8] Escala de calificaci3n energ3tica para edificios de nueva construcci3n. Ed. IDAE. Madrid, mayo 2009.

- [9] Escuela de Energ3a Verde. Curso de certificaci3n de eficiencia energ3tica de viviendas existentes, CE3 y CE3x. Cap3tulo 6:00 CE3x la entrada de datos (p3gina 104).

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

- [10] Factores de conversión tep-->kWh:
<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadervalue1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3DUnidades+y+Factores+de+Conversi%C3%B3n.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1119143670007&ssbinary=true>
- [11] Factores de paso de Energía final a Energía Primaria:
http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/propuestas/Documents/2014_03_03_Factores_de_emision_CO2_y_Factor_es_de_paso_Efinal_Eprimaria_V.pdf
- [12] Guía IDAE, manual de fundamentos técnicos de calificación energética en edificios existentes CE3x. Capítulo 6. Cálculo de las clases de eficiencia energética (páginas 29-31). Ed. IDAE. Madrid, julio 2012.
- [13] Guía IDAE, manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3x. (Página 30). Ed. IDAE. Madrid, julio 2012.
- [14] Guía Técnica de vidrios y cerramientos:
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GUIA_TECNICA_Vidrios_y_cerramiento_v05_2dfc482b.pdf
- [15] Hernández, H., & Meza, L. (2011). Propuesta de una metodología de certificación de eficiencia energética para viviendas en Chile. Revista de la Construcción, 10 53–63.
- [16] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Secretaría de estado de Energía. Nota informativa sobre Procedimiento Transitorio para la Certificación de Eficiencia Energética (13/03/14). [En línea] Disponible:

Trabajo Final de Grado:

Estudio i modelización del edificio de la Biblioteca BCT mediante métodos simplificados.

http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Documents/20140313_Nota_Informativa_Procedimiento_transitorio_Certificacion.pdf

[17] Modelo de etiqueta de edificio terminado. [En línea] Disponible:
<http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/DESARROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICACIONENERGETICA/DOCUMENTOSRECONOCIDOS/Paginas/Normativaymodelosdeutilizaci%C3%B3n.aspx>

[18] Sede electrónica de la dirección general del catastro. [En línea] Disponible:
<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=CONSULTA>

[19] SIRENA. Universitat Politècnica de Catalunya, UPC. [En línea] Disponible:
<http://sirenaupc.dexcell.com/dashboard/widgets.htm>

[20] The green construction board. Performance gap. [En línea] Disponible:
<http://www.greenconstructionboard.org/index.php/resources/performance-gap>

[21] Servicio de Obras y Mantenimiento del Campus Terrassa (SOMT)